

Universität Zürich
Zentrum für Zahnmedizin
Klinik für Präventivzahnmedizin, Parodontologie und Kariologie
Klinikdirektor: Prof. Dr. med. dent. T. Attin

Arbeit unter Leitung von Dr. med. dent. F.J. Wegehaupt

**In-vitro-Untersuchung des erosiven Potentials
von kommerziell erhältlichen Vitamin/Mineral-Brausetabletten
unter erosiv/abrasiven Bedingungen**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät
der Universität Zürich

vorgelegt von
Thomas Hertig

Genehmigt auf Antrag von Prof. Dr. med. dent. T. Attin
Zürich 2016

1 Zusammenfassung	1
2 Einleitung.....	2
3 Literaturübersicht	3
3.1 Anatomie und Histologie des Schmelzes	3
3.2 Erosions- und Remineralisationsprozess	4
3.3 Prävalenz dentaler Erosionen	8
3.4 Modifizierende Faktoren	8
3.4.1 Biologische Faktoren	9
3.4.2 Mundhygienemassnahmen	11
3.4.3 Intrinsische Faktoren	11
3.4.4 Extrinsische Faktoren	12
4 Versuchsplanung.....	14
4.1 Versuchsplan	14
4.2 Schema Versuchsplanung	16
5 Material und Methode.....	17
5.1 Herstellung der Schmelzproben.....	17
5.2 Profilometrie.....	18
5.3 Erosionsprocedere	18
5.4 Abrasionsprocedere	21
5.5 Remineralisationsprocedere	22
5.6 Statistische Auswertung	23
6 Ergebnisse.....	23
7 Diskussion	26
7.1 Material und Methoden	26
7.2 Ergebnisse.....	30
7.3 Schlussfolgerung	34
8 Literaturverzeichnis.....	35
9 Anhang	44
9.1 Materialliste	44
9.2 Vitamin/Mineral-Brausetabletten – Zusammensetzung und Herstellerempfehlung.....	46
10 Danksagung	50
11 Curriculum vitae.....	51

1 Zusammenfassung

Ziel: Ziel der In-vitro-Studie war es, das erosive Potential kommerziell erhältlicher Vitamin- und Mineral-Brausetabletten des Zahnschmelz unter den Bedingungen einer Zahnbürstabrasion zu untersuchen.

Material und Methoden: Zweiundsiebzig bovine Schmelzproben wurden randomisiert auf sechs Gruppen (G1-G6) aufgeteilt ($n = 12$). Anschliessend wurde bei jeder Probe ein Basisprofil mit einem Kontaktprofilometer aufgezeichnet. Jede Probe wurde dann für 120 s in einer der folgenden Lösungen erodiert, die durch Mischen mit Wasser hergestellt wurden: G1: Wasser (Kontrolle), G2: Calcium- und Vitamin-D-Tablette (Qualité & Prix, Coop), G3: Calcium- und Vitamin-D3-Tablette (Optisana, Lidl), G4: Tablette mit verschiedenen Mineralien und Vitaminen (Actilife All in One, Migros), G5: Tablette mit verschiedene Mineralien und Vitaminen (Isostar® fast hydration powertabs, Zitronen Aroma, Wander AG), G6: Magnesium und Vitamin C (Qualité & Prix, Coop).

Die Proben wurden anschliessend mit einer Handzahnbürste mit 40 Bürstenstrichen (Last 2.5 N) gebürstet. Anschliessend folgte eine Lagerung im künstlichen Speichel für 3 h. Insgesamt wurden 20 Zyklen (Erosion [Lagerung in Lösung], Abrasion und Remineralisation) durchgeführt. Nach 10 und 20 Zyklen wurde das Profil jeder Probe erneut gemessen und mit dem Basisprofil verglichen.

Um Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen, wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney-Test verwendet ($p \leq 0.05$, korrigiert nach Bonferroni).

Ergebnis: Nach 20 Zyklen wurde für G5 ($3.4 \pm 1 \mu\text{m}$) der grösste signifikante Schmelzabtrag, im Vergleich zu allen übrigen Gruppen, beobachtet. Für G6 ($1.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$) und G4 ($0.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$) konnten ebenfalls signifikant erhöhte Schmelzabträge im Vergleich zur Kontrolle beobachtet werden. Für G2 und G3 konnte hingegen im Vergleich zur Kontrollgruppe (G1) auch nach 20 Zyklen kein signifikant erhöhter Schmelzabtrag festgestellt werden ($p = 0.977$ und 0.977).

Schlussfolgerung: Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass bestimmte kommerziell erhältliche Vitamin- und Mineralbrausetabletten (Isostar® fast hydration powertabs, Zitronen Aroma, Wander AG, Vitamin C Qualité & Prix, Coop und Actilife

All in One, Migros), erosiv wirken und damit eine anschliessende Zahnbürstabrasion am Zahnschmelz verstärken können.

2 Einleitung

Eine Schmelzerosion ist definiert als eine oberflächliche säurebedingte Auflösung von Zahnhartsubstanzen in Absenz von Plaque (Lussi and Carvalho, 2014). Hierbei kommt es neben einem direkten Verlust von Zahnhartsubstanz auch zu einer Oberflächendemineralisation und damit zu einer Reduktion der Mikrohärtigkeit (Shellis et al., 2013; Attin et al., 1997). Diese Reduktion der Mikrohärtigkeit führt dazu, dass erweichter Schmelz anfälliger gegenüber physikalischen Einflüssen, wie zum Beispiel Zähneputzen, wird (Attin et al., 1997; Ganss et al., 2014). Schmelz ist je nach Zusammensetzung an Zahnhartsubstanzmineralien unterschiedlich löslich (Dawes, 2003).

Der Erosionsprozess ist weiterhin abhängig von den chemischen und physikalischen Eigenschaften des erosiven Produktes (Art der Säure, Pufferkapazität und Titrierbarkeit der beinhaltenden Säure, pH-Wert, Kalzium-, Phosphat- und Fluoridgehalt, Temperatur, Adhäsion zur Zahnhartsubstanz und Viskosität) (Shellis et al., 2014; Lussi and Carvalho, 2014; Lussi and Jaeggi, 2006a; Barbour and Lussi, 2014; Aykut-Yetkiner et al., 2013).

Der erosive Prozess wird zusätzlich durch biologische Faktoren (Zahnanatomie, Okklusion, Anatomie der Weichgewebe, Speichel, physiologische Zungen- und Weichteilbewegungen) und die Ernährung (Ess- und Trinkgewohnheiten, Konsummengen und -frequenz) beeinflusst (Lussi and Jaeggi, 2006a; Hara et al., 2006; Hannig et al., 2004; Hara and Zero, 2014; Gregg et al., 2004; Amaechi et al., 2003; Johansson et al., 2004; Zero and Lussi, 2006; Shellis et al., 2005).

Erosionen werden durch intrinsische und extrinsische Säuren oder Chelatoren hervorgerufen (Lussi and Carvalho, 2014). Dabei verursachen intrinsische Säuren, welche durch Reflux-Krankheiten und Erbrechen in die Mundhöhle gelangen, eine Interaktion der Magensäure mit der Zahnhartsubstanz (Farahmand et al., 2013; Johansson et al., 2012). Extrinsisch zugeführte Säuren und Chelatoren gelangen durch den Konsum von Soft-, Sport- und Energiegetränken,

Frucht- und Gemüsesäften, alkoholischen Getränken sowie von Früchten und Salatsaucen in die Mundhöhle (Lussi et al., 2012). Hierzu zählt auch der Konsum von Brausetabletten.

Verschiedene Studien haben bereits das erosive Potential von Brausetabletten oder Brausepulver untersucht (Lussi et al., 2012; Nunn et al., 2001; Meurman and Murtomaa, 1986). Dabei handelte es sich jedoch um Produkte, welche mit Arzneimitteln (z.B. Fluimucil 200, Neocitran) oder Vitamin C versetzt waren.

Da die Prävalenz von Erosionen stetig ansteigt, sollte die Bevölkerung auf die verschiedenen Risikofaktoren hingewiesen werden (Jaeggi and Lussi, 2014). Dies bedeutet, dass das erosive Potential verschiedener Produkte verstärkt bekannt gemacht werden sollte.

Im Rahmen einer Masterarbeit zum Thema: „In-vitro evaluation of erosive potential of vitamin/mineral effervescent tablets commercially available in Switzerland“, wurde das erosive Potential von Vitamin- und Mineralbrausetabletten untersucht (Lunghi, 2015). Die untersuchten Brausetabletten zeigten, je nach chemischen Eigenschaften, verschiedene erosive Potentiale. In dieser Studie waren die Brausetabletten unter vereinfachten Laborbedingungen getestet worden. So wurde die üblicherweise regelmässige Zahnbürstabrasion nicht berücksichtigt.

Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es, das erosive Potential von kommerziell erhältlichen Vitamin- und Mineral-Brausetabletten unter der Berücksichtigung einer anschliessenden Zahnbürstabrasion und einer Remineralisationsphase in künstlichem Speichel zu untersuchen.

3 Literaturübersicht

3.1 Anatomie und Histologie des Schmelzes

Zahnschmelz ist die härteste Substanz des menschlichen Körpers. Er besteht zu 95 Gew% aus anorganischen Komponenten und zu 4 Gew% aus Wasser. Die organische Matrix (Proteine, Lipide) macht dabei nur 1 Gew% aus (Hellwig et al., 2013; Strub et al., 2010).

Die anorganische Matrix besteht hauptsächlich aus Kalzium, Phosphor, Karbonat, Magnesium und Natrium. Kalzium und Phosphor sind an der Schmelzoberfläche in höheren Konzentrationen vorhanden als in den tieferen Schichten. Die Schmelzzusammensetzung variiert demnach also je nach Lokalisation am Zahn (Schroeder, 2000). Kalzium und Phosphor liegen in einem Verhältnis von 1: 1.2 als Apatitverbindungen vor. Die Apatitkristalle, welche im Vergleich zu anderen biologischen Hartgeweben sehr gross sind, sind von einer Hydratationsschale umgeben (Hellwig et al., 2013; Woeltgens et al., 1981; Strub et al., 2010). Apatitkristalle bestehen aus Nanofibrillen. Mehrere Nanofibrillen zusammen bilden Fibrillen, welche sich zu noch grösseren Fibrillen zusammensetzen und schlussendlich die Apatitkristalle bilden (Cui and Ge, 2007). Mehrere Apatitkristalle setzen sich zu wellenförmigen Schmelzprismen zusammen, welche sich von der Schmelz-Dentin-Grenze bis fast zur Schmelzoberfläche erstrecken. Die Schmelzprismen sind in einer zwischenprismatischen Substanz eingebettet, welche aus Schmelzkristallen besteht. An der Zahnkronenoberfläche findet man häufig prismenfreien Schmelz (Hellwig et al., 2013; Strub et al., 2010).

3.2 Erosions- und Remineralisationsprozess

Eine Schmelzerosion ist definiert als eine oberflächliche Dissoziation von Zahnhartsubstanzmineralien in Absenz von Plaque (Lussi and Carvalho, 2014).

Bevor es zu einer Erosion durch Hydrogen-Ionen oder Chelatoren kommt, müssen diese durch das Speichelpellikel und/oder die Plaque diffundieren (siehe Kapitel 3.4.1). Während eines Säureangriffes wird das Speichelpellikel kontinuierlich fast vollständig aufgelöst (Hannig and Balz, 2001). Je aggressiver die Säure, desto schneller verliert das Speichelpellikel seinen Schutzeffekt (Hara and Zero, 2014).

Erosionen werden durch chemische Einflüsse wie extrinsische und intrinsische Chelatoren oder Säuren verursacht (siehe Kapitel 3.4.3 und 3.4.4) (Ganss, 2006). Chelatoren sind Anionen, welche Kalzium binden können. Je nach Eigenschaften können Chelatoren mit dem Speichel oder direkt mit dem Zahnschmelz interagieren (Lussi and Jaeggi, 2006a). Der Einfluss von Chelat-bindenden Eigenschaften einer Säure, wie z.B Zitronensäure, auf den Erosionsprozess scheint jedoch sehr gering

bis unbedeutend zu sein (Azadi-Schossig et al., 2015). Zusammen mit den Wasserstoffionen bilden sie die wichtigsten Säurebestandteile (Zeeck et al., 2014).

Säure kommt in dissoziierter ($\text{R-COO}^- + \text{H}^+$) als auch in undissoziierter (R-COOH) Form in einer Lösung wie zum Beispiel dem Speichel vor (Lussi and Carvalho, 2014). Protonen der Säure penetrieren in den Schmelz und lösen dort die Prismenscheiden, die interprismatischen Schmelzareale, die Prismenkörper und das Prismenmark auf (Eisenburger et al., 2004; Meurman and ten Cate, 1996; Eisenburger et al., 2004). Über die interprismatischen Schmelzareale diffundiert die Säure weiter in tiefere Schmelzschichten (Eisenburger et al., 2004).

Der Erosionsprozess ist also von der Konzentration der undissoziierten Säure in den Schmelzporen abhängig. Die undissoziierte Säure kann schneller in den Schmelz penetrieren und liefert Protonen, welche den erosiven Prozess vorantreiben (Shellis et al., 2014). Freie Protonen binden an Anionen und führen zu einer Schwächung von Kalziumbindungen. Dies führt unter anderem zu einer Kalziumfreisetzung (Shellis et al., 2014).

Während eines Erosionsprozesses wird der Schmelz kurzzeitig immer wieder Säuren ausgesetzt. Dabei kommt es neben einer Oberflächenwegätzung zu einer Oberflächendemineralisation und damit zu einer Reduktion der Mikrohärtigkeit (Shellis et al., 2013; Attin et al., 1997). Der erweichte Schmelz ist zwischen wenigen Mikrometern und 100 μm dick (Shellis et al., 2014; Ganss et al., 2014). Aufgeweichter Schmelz ist empfindlich gegenüber physikalischen Einflüssen, wie dem Zähneputzen (siehe Kapitel 3.4.2) (Attin et al., 1997; Ganss et al., 2014).

Der erosive Prozess ist abhängig von den Eigenschaften der erosiven Lösung und der Zahnhartsubstanz. Während eines Erosionsprozesses kommt es zum Austausch von OH^- -, PO_4^{3-} - und Ca^{2+} -Ionen zwischen dem Schmelz und der erosiven Lösung. Dabei diffundieren Ionen vom Schmelz in die erosive Lösung. Umgekehrt lagern sich Ionen der erosiven Lösung an der Schmelzoberfläche an. Diese Prozesse laufen so lange ab, bis es zu einem Ionengleichgewicht zwischen den zwei Phasen kommt. Solange die erosive Lösung übersättigt an Zahnhartsubstanzmineralien ist, kann es demzufolge zu keiner Auflösung des Schmelzes kommen (Shellis et al., 2014).

Erosionen treten prinzipiell bei tiefen pH-Werten einer erosiven Lösung auf. Allerdings gibt es hierbei keinen bestimmten kritischen pH-Wert, ab welchem

Erosionen auftreten können (Lussi and Carvalho, 2014). Die Hydrogenkonzentration alleine sagt demzufolge nicht viel über das erosive Potential einer erosiven Lösung aus (Lussi and Carvalho, 2014).

Der kritische pH-Wert ist definiert als der Wert, bei dem die erosive Lösung gegenüber dem Schmelz an Mineralien gesättigt ist. Ist der pH-Wert der erosiven Lösung unterhalb des kritischen pH- Wertes, so kommt es zu einer Dissoziation von Mineralien aus dem Schmelz in die Lösung. Dieser Vorgang hält so lange an, bis die Lösung wieder an Mineralien gesättigt ist. Ist der pH-Wert oberhalb des kritischen pH-Wertes, so kommt es zu keinem Erosionsprozess (Dawes, 2003).

Der kritische pH-Wert ist also abhängig von der Konzentration an Kalzium-, Fluorid- und Phosphationen in einer erosiven Lösung im Bezug zu Hydroxyl- und Fluorapatit und sonstigen Mineralien des Schmelzes (Lussi and Carvalho, 2014; Lussi et al., 2012; Dawes, 2003). Die Kalziumkonzentration einer erosiven Lösung spielt dabei die wichtigste Rolle (Lussi and Carvalho, 2014).

Die Pufferkapazität sowie die Titrierbarkeit einer Säure sind wichtige Erosionsfaktoren. Je grösser diese sind, desto länger dauert der erosive Prozess und desto länger braucht der Speichel, um die Säure zu neutralisieren. Beide Faktoren sind vom pH-Wert abhängig (Shellis et al., 2014).

Die Säurekonstante K_s beschreibt die Stärke der Säure und ist temperaturabhängig. Hat sie einen grossen Wert, so handelt es sich um eine starke Säure und umgekehrt. Der pK_s -Wert einer Säure bestimmt ebenfalls deren Säurestärke. Je kleiner dieser ist, desto stärker ist die Säure und desto grösser ist ihr Potential Protonen abzugeben (Zeeck et al., 2014).

Schmelz besteht neben Hydroxylapatit ($Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$) aus Fremdbestandteilen wie Carbonat oder Fluorid. Diese Bestandteile variieren von Zahn zu Zahn und von Person zu Person. Dies führt dazu, dass der Schmelz je nach Zusammensetzung unterschiedlich löslich ist (Dawes, 2003). Verschiedene Schmelzareale können also auch innerhalb eines Zahnes unterschiedliche Resistenzen gegenüber Säuren aufweisen (Larsen, 1990).

Zähne sind vielen chemischen und physikalischen Einflüssen ausgesetzt. Daher treten Zahnhartsubstanzverluste selten durch ein Phänomen alleine auf. Folgende drei Prozesse spielen neben dem erosiven Prozess eine wichtige Rolle: Abrasion,

Attrition und Abfraktion. Bei einem Abrasionsprozess wird der Zahnhartsubstanzverlust durch einen Fremdkörperabrieb verursacht. Dabei kommt es während der Nahrungszerkleinerung oder dem Zähneputzen zu einem Zahnhartsubstanzverlust. Bei einem Attritionsprozess kommt es durch den direkten Kontakt antagonistischer oder benachbarter Zähnen zu einem Zahnhartsubstanzverlust (Shellis and Addy, 2014; Ganss, 2006). Durch eine erosive Vorschädigung werden nachfolgende abrasiv wirkende Prozesse potenziert (Eisenburger and Addy, 2002a). Diese Tatsache scheint der Hauptgrund für den zervikalen wie okklusalen Substanzverlust zu sein (Shellis and Addy, 2014). Je grösserer die Belastung und je länger die Attritionsdauer, desto grösserer Substanzverlust tritt auf (Eisenburger and Addy, 2002b). Eine Überbelastung einzelner Zähne kann zu Mikrorissen im Schmelz und Dentin führen und so den zervikalen Zahnhartsubstanzverlust fördern. Man spricht dabei von Abfraktion (Shellis and Addy, 2014; Ganss, 2006). Auch dieser Prozess scheint durch ein vorhergegangenes Erosionsgeschehen potenziert zu werden (Shellis and Addy, 2014).

Sobald die erosiven Agenzien nicht mehr vorhanden sind, stoppt der erosive Prozess (Lussi and Carvalho, 2014). Verlorene Mineralien können durch Mineralien in einer übersättigten Umgebung wie dem Speichel ersetzt werden. Es kommt dabei zu einer Präzipitation von neuen Mineralien auf den Schmelz. Dies führt zu einem Schmelzkristallwachstum (Shellis et al., 2014). Speichel vermag so frühe Schmelzerosionen zu remineralisieren.

Der Remineralisationsgrad unterscheidet sich je nach Lokalisation im Mund und ist von den erosiven Konditionen sowie vom Gehalt an Kalzium und Phosphat im Speichel abhängig (Amaechi and Higham, 2001; Karlinsey et al., 2012).

Der erodierte Schmelz wird schnell wieder vom Speichelpellikel und bakteriellen Proteine bedeckt und ist so besser von erneuten Erosionen geschützt (Dawes, 2003). Je länger die Remineralisationsphase anhält, desto grösser ist die Resistenz gegenüber einem erneuten Säureangriff (Attin et al., 2000).

Eine Fluoridgabe durch Zahnpasten, Spülungen etc. schützt vor Erosionen und fördert die Remineralisation (Hara et al., 2009b). Durch Fluoridzufuhr wird vermehrt Fluorapatit und Fluorhydroxylapatit gebildet, welche eine geringere Säurelöslichkeit im Vergleich zu Hydroxylapatit aufweisen (Lussi and Jaeggi, 2006a).

3.3 Prävalenz dentaler Erosionen

Die Prävalenz von Erosionen steigt stetig an. In der Literatur wird bei Erwachsenen zwischen 18 und 88 Jahren eine Prävalenz zwischen 4 und 100% angegeben (Jaeggi and Lussi, 2014). In einem systematic-review von Salaas et al. (2015) wird eine Prävalenz von 30.4 % bei permanenten Zähnen von Kindern und Jugendlichen zwischen 8 und 19 Jahren geschätzt (Salas et al., 2015).

Bei Männern treten häufiger Erosionen auf als bei Frauen (Jaeggi and Lussi, 2014). Okklusale Oberflächen der unteren Molaren sind dabei vor allem betroffen, gefolgt von den fazialen Zahnoberflächen der Oberkieferfrontzähne. Von einer homogenen Verteilung kann somit also keine Rede sein (Jaeggi and Lussi, 2014).

Es ist eine Tendenz festzustellen, dass mit zunehmendem Alter vermehrt Erosionen auftreten und sich verschlimmern (Jaeggi and Lussi, 2014; Lussi and Schaffner, 2000). Milchzähne sind anfälliger für Erosionen als bleibende Zähne (Hunter et al., 2000). Dabei beeinflussen eventuell mechanische Faktoren, wie Attritions- und Abrasionsprozesse, den erosiven Prozess mehr als bei permanenten Zähnen (Lussi and Jaeggi, 2006b).

3.4 Modifizierende Faktoren

Die Pathologie von Schmelzerosionen ist ziemlich komplex, da viele Faktoren zusammenspielen können (Lussi and Carvalho, 2014). So haben selbst Faktoren wie Bildung, Allgemeingesundheit und sozialer Status einen Einfluss auf die Erosionsentstehung (Lussi and Carvalho, 2014; Zero and Lussi, 2006; Millward et al., 1994; Manguiera et al., 2009).

Im Folgenden werden die, neben den oben genannten, wichtigsten Faktoren erläutert, welche den erosiven Prozess beeinflussen können.

3.4.1 Biologische Faktoren

Die Zahnanatomie, die Okklusion, die Zahnhartsubstanzzusammensetzung sowie die Anatomie der Weichgewebe haben einen Einfluss auf das Erosionsgeschehen (Lussi and Jaeggi, 2006a; Hara et al., 2006; Hannig et al., 2004). Da Schmelz weniger lösliche Mineralien enthält als Dentin, ist er gegenüber Säureangriffen resistenter (Lussi et al., 2011).

Physiologische Zungen- und Weichteilbewegungen können den Substanzverlust erodierter Zahnhartsubstanz fördern, indem sie abrasiv auf die erweichte Zahnhartsubstanzen wirken (Gregg et al., 2004; Amaechi et al., 2003).

Speichel ist der wichtigste protektive Faktor gegenüber dentalen Erosionen, da er unter anderem das Speichellipellikel bildet (Hara and Zero, 2014; Hara and Zero, 2014). Das Speichellipellikel befindet sich auf allen oralen Hart- und Weichgeweben (Lussi and Carvalho, 2014). Es ist eine semipermeable Membran, bestehend aus Speichelmakromolekülen wie Mucin, Glykoproteinen und Enzymen (Hannig and Hannig, 2014; Hannig and Hannig, 2014; Hannig et al., 2005). Das Speichellipellikel schützt den darunterliegenden Schmelz, indem der Mineralverlust durch kurzzeitige Erosionen verringert und verzögert wird (Meurman and Frank, 1991b; Shellis and Addy, 2014; Hannig and Hannig, 2014). Zudem schützt es vor Abrasion durch das Zähneputzen und fördert die Remineralisation (Joiner et al., 2008; Hannig and Hannig, 2014). Wiegand et al. (2008) konnten beobachten, dass das Speichellipellikel Schmelz zweimal besser vor Erosionen schützt als Dentin (Wiegand et al., 2008a). Der Erosionsschutz ist hierbei abhängig von der Zusammensetzung, der Dicke und dem Reifegrad des Speichellipellikels (Hannig et al., 2004). Diätische und synthetische Proteine können den Schutzmechanismus des Speichellipellikels modifizieren (Vukosavljevic et al., 2014). Vor einer vollständigen Demineralisation kann das Speichellipellikel nicht schützen, da auch Protonen durch das Speichellipellikel diffundieren können (Hannig and Hannig, 2014; Hannig et al., 2004).

Der Speichelfluss ist je nach Tageszeit unterschiedlich und wird durch psychische, emotionale und Umweltfaktoren beeinflusst. Der Speichel besteht zu 99% aus Wasser und 1 % aus anorganischen und organischen Substanzen. Er ist eine an Kalzium und Phosphat übersättigte Lösung (Hellwig et al., 2013).

Das Kauen sowie die Reizung von Geschmacks- und Geruchsrezeptoren stimulieren den Speichelfluss (Hara and Zero, 2014; Engelen et al., 2003). Eine Erhöhung der Speichelflussrate reduziert mit Hilfe organischen wie auch anorganischen Speichelkomponenten die Folgen eines initialen Säureangriffs. Säuren können so besser abgepuffert und verdünnt werden (Hara and Zero, 2014). Der Speichel besitzt zwei Puffersysteme: Ein Bikarbonatpuffer- und ein Phosphatpuffersystem, wobei das Bikarbonatpuffersystem das Wichtigere ist (Hara and Zero, 2014; Hellwig et al., 2013). Der Speichel kann je nach Gehalt an Kalzium, Phosphat und Fluorid eine Demineralisation verhindern und eine Remineralisation fördern (Hara and Zero, 2014; Hara et al., 2006). Speichelproteine sind ebenfalls in der Lage, Säuren zu neutralisieren (Hellwig et al., 2013).

Je nach Speicheleigenschaften (Natrium-, Harnstoff-, Protein- und Albumingehalt, pH-Wert und Flussrate des unstimulierten Speichels sowie Natrium-, Phosphor-, Harnstoff- und Kaliumgehalt des stimulierten Speichels) sind die Zähne also gut oder weniger gut vor Erosionen geschützt (Jager et al., 2011; Hellwig et al., 2013). Die Speichelzusammensetzung ändert sich im Alter und ist je nach Lokalisation im Mund unterschiedlich (Piangprach et al., 2009). Diese Tatsachen erklären, dass die protektiven Eigenschaften des Speichels von Individuum zu Individuum variieren können (Wetton et al., 2007).

Systemische Erkrankungen (Sjögren-Syndrom, Asthma), eine Medikamenteneinnahme (Tranquilizers, Antihistaminika, Antiemetika, Antiparkinsonika ect.), der Konsum illegaler Drogen, wie Kokain oder Methamphetamin, oder eine Radiotherapie können die Speichelqualität sowie die Speichelflussrate verändern und so eine Erosionsentstehung verstärken (Tschope et al., 2010; Stensson et al., 2011; Hellwig and Lussi, 2014; Bassiouny, 2013; Schlueter and Tveit, 2014; Atkinson and Wu, 1994).

Während des Sports ist die Speichelproduktion ebenfalls vermindert. Dies führt dazu, dass saure Sportgetränke während des Sports konsumiert, besonders erosiv wirken können (Noble et al., 2011).

Eine Hyposalivation sowie eine verminderte Speichelflussrate bergen also ein grosses Risiko für Erosionen (Hara and Zero, 2014; Zwier et al., 2013). Zudem fördert eine erhöhte Speichelveskosität, ein tiefer Speichel pH-Wert sowie eine veränderte Speichelproteinzusammensetzung die Erosionsentstehung

(Tschoppe et al., 2010). Die zu einer Therapie von Mundtrockenheit verwendeten Speichelersatzmittel können selbst auch erosiv wirken (Meyer-Lueckel and Kielbassa, 2002).

3.4.2 Mundhygienemassnahmen

Die Abrasivität der Zahnpasta, die Art der Zahnbürste (Borstensteife), die Zahnbürstbewegungen sowie der Anpressdruck haben einen Einfluss auf den Zahnhartsubstanzauftrag (Wiegand et al., 2008b; Bartlett et al., 2013; Wiegand et al., 2007). Zähneputzen mit abrasiver Zahnpasta kann den Zahnhartsubstanzauftrag von erodiertem Schmelz verstärken (Zero and Lussi, 2006).

Jaeggi et al. (1999) konnten bei freiwilligen Probanden nachweisen, dass die Abrasion durch eine Zahnbürste statistisch signifikant grösser war, wenn unmittelbar nach intraoralem Säurekontakt gebürstet wurde. Dabei war die Zahnbürstabrasion assoziiert mit der intraoralen Exposition des Schmelzes zum Speichel, der Säurestärke und der Speichelsekretionsrate. Die Autoren empfehlen daher eine Wartezeit von 1 h zwischen dem Säurekonsum und der Mundhygiene einzuhalten (Jaeggi and Lussi, 1999). Je grösser die Schmelzerweichung durch den erosiven Prozess, desto dramatischere Auswirkung hat das Zähneputzen (Attin et al., 1997). Säuren oder Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA) enthaltene orale Hygieneprodukte wie Zahnpasten und Mundspülungen können selber auch erosiv wirken (Hellwig and Lussi, 2014).

3.4.3 Intrinsische Faktoren

Intrinsische Faktoren wie Reflux-Krankheiten, Essstörungen (anorexia nervosa, bulimia nervosa) und chronischer Alkoholkonsum können durch den Kontakt der Magensäure mit der Zahnhartsubstanz zu Erosionen führen (Corrêa et al., 2012; Moazzez and Bartlett, 2014; Dukić et al., 2010). Auch gewisse Sportarten (Velofahren, Rennen, Krafttraining) können zu einem gesteigerten Reflux führen und so indirekt erosiv wirken (Clark et al., 1989).

3.4.4 Extrinsische Faktoren

Extrinsisch zugeführte Säuren haben einen Einfluss auf die Erosionsentstehung. Je nachdem wie (nippen, Strohalm benutzen etc.) ein säurehaltiges Produkt konsumiert wird, ändert sich die Kontaktzeit zu den Zähnen und damit die erosive Wirkung (Johansson et al., 2004). Je mehr das Produkt im Munde bewegt wird, desto grösser ist der Auflösungsprozess, da immer wieder neue Säure nachgeliefert wird (Lussi and Jaeggi, 2006a; Eisenburger and Addy, 2003). Mit anderen Worten: Je höher die Flussrate der Säurelösung, umso intensiver ist die resultierende Demineralisation (Shellis et al., 2005).

Die Menge, die Frequenz und die Kontaktzeit spielen ebenfalls eine wichtige Rolle (Zero and Lussi, 2006; Shellis et al., 2005). Je mehr Säurevolumen vorhanden ist, desto grösser ist das Erosionsausmass (Shellis et al., 2005).

Hunter et al. (2000) untersuchten den Einfluss der Säurekonsumfrequenz auf den Grad der Erosionen bei freiwilligen Probanden. Dabei stellten sie fest, dass eine erhöhte Säurekonsumfrequenz zu einem grösseren Schmelzverlust führt (Hunter et al., 2000). Attin et al. (1997) konnten in einer In-vitro-Untersuchung zeigen, dass ein längerer Säurekontakt zu einem grösseren Härteverlust (Vickers microhardness values) führt.

Bei steigender Temperatur des eingenommenen Produktes läuft der erosive Prozess schneller ab (Barbour and Lussi, 2014; Barbour et al., 2006). Ist die Viskosität des Produktes klein, kann dies zu einer erhöhten Demineralisation des Schmelzes führen (Aykut-Yetkiner et al., 2013).

Der pH-Wert sowie der Kalzium-, Phosphat- und Fluorid-Gehalt der Nahrung oder eines Getränks sind wichtige Faktoren, die das erosive Potential des Produktes beeinflussen (Lussi and Jaeggi, 2006a). Bei der Einnahme eines sauren Produktes kommt es zu einem Abfall des pH-Wertes und gleichzeitig zu einem erhöhten Speichelfluss (Millward et al., 1997). Der pH-Wert alleine sagt nicht viel über das erosive Potential eines Produktes aus (siehe Kapitel 3.2). So zeigen säurehaltige Getränke (z.B. Softgetränke), wie auch Nahrung mit einem tiefen pH-Wert (z.B. Joghurt), welche einen grossen Gehalt an Kalzium und Phosphat aufweisen, ein niedrigeres Erosionspotential bei gleichem pH-Wert (Lussi and Jaeggi, 2006a).

Durch die Zugabe von Kalzium, Phosphat und Fluorid kann das erosive Potential gesenkt werden (Scaramucci et al., 2012; Attin et al., 2005; Wegehaupt et al., 2011). Darum sind heute vermehrt Produkte auf dem Markt, welche mit Kalzium und Phosphat angereichert sind (Barbour and Lussi, 2014). Die Zugabe von Proteinen wie Casein oder Ovalbumin scheint ebenfalls das erosive Potential senken zu können (Hemingway et al., 2010).

Gesundheitsbewusste Menschen tendieren dazu, mehr säurehaltige Produkte, wie zum Beispiel saure Früchte, Gemüse und Fruchtsäfte, zu konsumieren (Zero and Lussi, 2006). Herman et al. (2011) konnten keinen signifikanten Unterschied zwischen Vegetarier und Nicht-Vegetariern in Bezug auf das Auftreten von Erosionen feststellen, obwohl Vegetarier in der Regel mehr säurehaltige Produkte konsumieren (Herman et al., 2011). Ein moderater Konsum säurehaltiger Produkte führt also nicht zwangsweise zu Erosionen (Zero and Lussi, 2006). Ein exzessiver Konsum von Softgetränken und säurehaltiger Nahrung ist hingegen der wichtigste Grund für extrinsisch verursachte Erosionen (Dugmore and Rock, 2004). So konnte Lussi et al. (2000) über einen Beobachtungszeitraum von 6 Jahren eine Korrelation zwischen der Erosionsprogression und der Einnahme säurehaltiger Produkte bei freiwilligen Probanden nachweisen (Lussi and Schaffner, 2000). Lussi et al. (2012) haben verschiedene Produkte auf ihr erosives Potential in-vitro getestet. Bei der Untersuchungen zeigten Soft-, Sport- und Energiegetränke, Frucht- und Gemüsesäfte, alkoholische Getränke, Früchte und Salatsaucen sowie Vitamin C Tabletten ein erhöhtes erosives Potential (Lussi et al., 2012). Eine Metaanalyse durch Li et al. (2012) hat gezeigt, dass die Einnahme von Softgetränken und Vitamin C Tabletten mit einer odds ratio von 2.41 und 1.16 mit Erosionen assoziiert ist (Li et al., 2012).

Selbst Arzneimittel, wie zum Beispiel Acetylsalicylsäure oder der Konsum von Vitaminprodukten, können auch direkt erosiv wirken (Hellwig and Lussi, 2014; Schlueter and Tveit, 2014; El Aidi et al., 2011). Hierzu zählt auch der Konsum von Brausetabletten. Verschiedene Studien haben bereits das erosive Potential von Brausetabletten oder Brausepulver untersucht (Lussi et al., 2012; Nunn et al., 2001; Meurman and Murtomaa, 1986). Dabei handelte es sich jedoch um Produkte, welche mit Arzneimitteln (z.B. Fluimucil 200, Neocitran) oder Vitamin C versetzt waren.

Im Rahmen einer Masterarbeit zum Thema: „In-vitro evaluation of erosive potential of vitamin/mineral effervescent tablets commercially available in Switzerland“ wurde das erosive Potential von Vitamin- und Mineralbrausetabletten untersucht (Lunghi, 2015). Die untersuchten Brausetabletten zeigten, je nach chemischen Eigenschaften, verschiedene erosive Potentiale. Brausetabletten, welche ein erosives Potential aufwiesen, sollten in dieser Studie unter der Berücksichtigung einer anschliessenden Zahnbürstabrasion und einer Remineralisationsphase in künstlichem Speichel untersuchen werden.

Ziel der vorliegenden In-vitro-Studie war es, das erosive Potential von kommerziell erhältlichen Vitamin- und Mineralbrausetabletten unter der Berücksichtigung einer anschliessenden Zahnbürstabrasion und einer Remineralisationsphase in künstlichem Speichel zu untersuchen.

Die Nullhypothese der Studie war, dass kommerziell erhältliche Vitamin- und Mineralbrausetabletten keinen Unterschied im Substanztantrag während eines De- /Remineralisationszyklus mit zusätzlicher Bürstabrasion verursachen.

4 Versuchsplanung

Materialien [Mat.], welche in dieser Studie verwendet wurden, sind im Kapitel 9.1 aufgelistet.

4.1 Versuchsplan

Für diese Studie wurden 72 bovine Schmelzproben randomisiert auf sechs Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe enthielt 12 Proben ($n = 12$). Bei jeder Probe wurde das Basisprofil mit einem Kontaktprofilometer [Mat. 1] aufgezeichnet. Pro Probe wurden jeweils fünf Profile gemessen. Anschliessend wurde jede Probe in der jeweiligen Lösung für 120 s erodiert:

- Gruppe 1: 300 ml Wasser (Kontrolle),
- Gruppe 2: Calcium und Vitamin D Tablette (Qualité & Prix, Coop) [Mat. 2] in 300 ml Wasser aufgelöst,

- Gruppe 3: Calcium und Vitamin D3 Tablette (Optisana, Lidl) [Mat. 3] in 200 ml Wasser aufgelöst,
- Gruppe 4: Tablette mit verschiedenen Mineralien und Vitaminen (Actilife All in One, Migros) [Mat. 4] in 200 ml Wasser aufgelöst,
- Gruppe 5: Tablette mit verschiedene Mineralien und Vitaminen (Isostar® fast hydration powertabs, Zitronen Aroma) [Mat. 5] in 250 ml Wasser aufgelöst und
- Gruppe 6: Magnesium und Vitamin C (Qualité & Prix, Coop) [Mat. 6] in 300 ml Wasser aufgelöst.

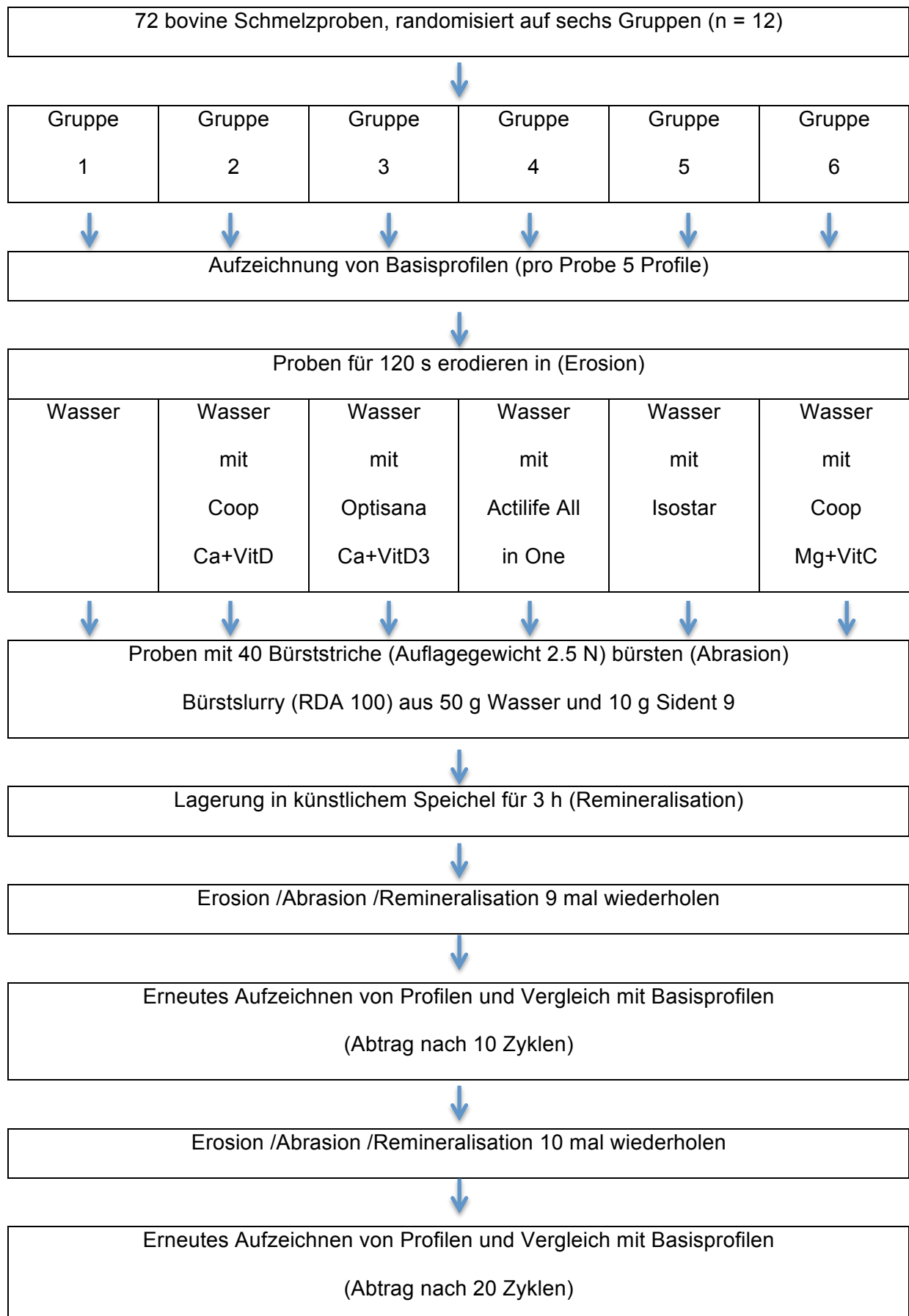
Pro Gruppe wurde die auf der Verpackung angegebene Wassermenge benutzt. War keine Mengenangabe vorhanden, wurden 300 ml Wasser verwendet, was etwa einem „Glas Wasser“ entspricht.

Anschliessend wurden die Proben mit einer Handzahnbürste mittlerer Borstensteifheit [Mat. 7] mit 40 Bürstenstrichen gebürstet. Dabei wurde ein konstanter Druck von 2.5 N ausgeübt.

Anschliessend erfolgte eine Lagerung in künstlichem Speichel für 3 h.

Insgesamt wurden 20 Zyklen (Erosion (Lagerung in Lösung), Abrasion und Remineralisation) durchgeführt. Nach 10 und 20 Zyklen wurde das Profil jeder Probe erneut gemessen und mit dem Basisprofil verglichen.

4.2 Schema Versuchsplanung



5 Material und Methode

5.1 Herstellung der Schmelzproben

Die verwendeten 72 Schmelzproben wurden aus extrahierten bovinen Frontzähnen erstellt. Gewebsreste wie auch die Pulpa wurden mit einem Skalpell [Mat. 8] und endodontischen K-Feilen unterschiedlicher Grösse [Mat. 9] entfernt. Anschliessend wurden die extrahierten Zähne mit einer diamantierten Trennscheibe [Mat. 10] auf Höhe der Schmelz-Zementgrenze getrennt. Die Kronen wurden bis zur weiteren Verwendung in 0.5 % Thymol Lösung gelagert.

Mit einer Bohrmaschine [Mat. 11] wurden Schmelzzylinder mit einem Durchmesser von 3 mm aus der labialen Kronenfläche herausgebohrt. Die so gewonnenen Schmelzzylinder wurden anschliessend mit Hilfe einer Silikonform [Eigenfabrikat, PPK, ZZM, Universität Zürich, Schweiz] mit der Bukkalfläche nach unten in Autopolymerisat [Mat. 12] eingebettet und das Autopolymerisat im Druckpolymerisationsgerät [Mat. 13] ausgehärtet. Anschliessend wurden die Proben auf eine einheitliche Zylinderhöhe von 3 mm heruntergefräst [Mat. 11].

Mit einem Schwingschleifer [Mat. 14] und Schleifpapier [Mat. 15] mit absteigender Körnung (1200, 2500, 4000) wurden die Proben auf das Niveau der Einbettmasse heruntergeschliffen und hochglanzpoliert.

Um die jeweils gleiche Position bei der Profilmessung wieder zu finden, wurden die Kunststoffoberflächen der Proben mit einer Hartmetallspitze [Eigenfabrikat, PPK, ZZM, Universität Zürich, Schweiz] markiert. Diese Markierungslinien bestanden aus zwei parallelen Einkerbungen mit einem Abstand von 3.5 mm (siehe Abbildung 1 Kap. 5.3).

Bis zur eigentlichen Versuchsdurchführung wurden die Proben in Leitungswasser gelagert.

5.2 Profilometrie

Um den Zahnhartsubstanzverlust durch das Erosions- /Abrasionsprocedere zu bestimmen, wurde die Methode der Profilometrie angewandt. Dabei wurde die Probenoberfläche mit einem Diamanten abgetastet. Es wurden zuerst die Basisprofile aufgenommen und diese später mit den Profilen nach Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen verglichen.

Kurz vor dem Beginn einer Versuchsreihe und nach jeweils 10 und 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen wurden die Proben in einem Ultraschallbad [Mat. 16] 10 s gereinigt. Mit einer Metallschablone [Eigenfabrikat, PPK, ZZM, Universität Zürich, Schweiz] wurden die Proben in die korrekte Position gebracht. So konnte garantiert werden, dass die Aufzeichnung der Profile jeweils an der gleichen Position erfolgte. Anschliessend wurden die Profile mit einem Kontaktprofilometer [Mat. 1] aufgenommen. Die Spitze der Nadel des Testarms hatte einen Durchmesser von 2 μm und eine Tastgeschwindigkeit von 0.5 mm/s.

Pro Probe wurden jeweils fünf Profile mit einem Abstand von 250 μm erfasst. Das verwendete Kontaktprofilometer hatte eine Reproduzierbarkeit von 120 nm und ein Messlimit von 0.105 μm (Attin et al., 2009).

Die Auswertung des Zahnhartsubstanzverlustes wurde mit einem laboreigenen Computerprogramm [Eigenfabrikat, PPK, ZZM, Universität Zürich, Schweiz] durchgeführt. Dabei wurde das Basisprofil mit dem Profil nach 10 beziehungsweise 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen verglichen. Anhand der Höhendifferenz der Profile konnte der Substanzverlust berechnet werden.

5.3 Erosionsprocedere

Vor dem Erosions-/Abrasionsprocedere wurden jeweils zwei Proben in einem Schiffchen platziert (siehe Abbildung 1). Falls nötig wurden 0.4 mm hohe Einlegescheiben verwendet, damit die Proben jeweils knapp über das Niveau des Schiffchenbodens herausragten und somit gebürstet werden konnten.

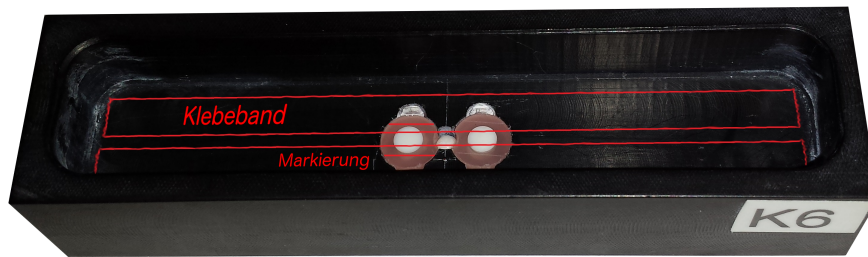


Abb. 1: Schiffchen mit zwei Schmelzproben

Die zwei Proben pro Schiffchen wurden parallel zu den Markierungslinien mit einem Klebeband [Mat. 17] abgeklebt (siehe Abbildung 1). Dabei wurde der Kunststoff sowie ein kleiner Schmelzanteil von 0.5 mm, abgedeckt. Hierdurch wurden diese Schmelzanteile vor den nachfolgenden Erosions-/Abrasions- und Remineralisationszyklen geschützt und so für die Profilometrie wichtige Referenzstrukturen erhalten.

Die jeweilige Brausetablette wurde in der dazugehörigen Menge Wasser aufgelöst (siehe Tabelle 1).

Um den Demineralisationsprozess zu starten, wurde unmittelbar nach der Tablettenauflösung 6 ml der gruppenspezifischen Lösung in das Schiffchen hinein pipettiert und für 120 s darin belassen. Die Lösung wurde während dieser Zeit mit einer Pipette in Bewegung gehalten.

Gruppe	Produkt	Menge Wasser [ml]
1	Wasser	300
2	Calcium und Vitamin D Tablette (Qualité & Prix, Coop)	300
3	Calcium und Vitamin D3 Tablette (Optisana, Lidl)	200
4	Tablette mit verschiedenen Mineralien und Vitaminen (Actilife All in One, Migros)	200
5	Isostar® fast hydration powertabs (Zitronen Aroma)	250
6	Magnesium und Vitamin C (Qualité & Prix, Coop)	300

Tab. 1 Untersuchte Gruppen mit der dazugehörigen Brausetablette (Produkt) in der jeweiligen Menge Wasser [ml] aufgelöst

Anschliessend wurde das Schiffchen kurz unter fliessendem Wasser abgespült um den Erosionsprozess zu stoppen. Es folgte nun das Abrasionsprocedere (siehe Kapitel 5.4).

5.4 Abrasionsprocedere

Vor dem Start des Bürstvorgangs wurden 6 ml des Bürstslurries (RDA 100) durch Mischen von 50 g Wasser und 10 g Sident 9 [Mat. 18] gewonnen und zu den Proben im Schiffchen hinzugegeben.

Die Bürstabrasion der Proben erfolgte mit einer Handzahnbürste mittlerer Borstensteifheit [Mat. 7] (siehe Abbildung 2). Am oberen Anteil des Bürstenkopfs wurde ein Gewicht befestigt. So wurde garantiert, dass die Belastung der Bürste 250 g betrug, womit ein konstanter Druck von 2.5 N auf die Proben während des Abrasionsprozesses ausgeübt wurde. Der Bürstenkopf war in einem Winkel von 11 Grad abgewinkelt (siehe Abbildung 3). So konnte eine gleichmässige Abrasion gewährleistet werden. Der Bürstvorgang erfolgte mit einer Bürstfrequenz von 60 Bürststriche pro Minute.

Die Proben wurden anschliessend kurz unter fliessendem Wasser abgespült.



Abb. 2: Handzahnbürste mittlerer Borstensteifheit mit Gewicht



Abb. 3: Handzahnbürste mit Gewicht 11 Grad von Schiffchen abgewinkelt

5.5 Remineralisationsprocedere

Zur Remineralisation wurden die gebürsteten Schmelzproben anschliessend für 3 h in künstlichem Speichel gelagert. Der künstliche Speichel wurde vorgängig nach einer Rezeptur von Klimek et al. (1982) hergestellt (siehe Tabelle 2).

Chemikalie	Einwaage [g]
Natriumchlorid	2.900
Calciumchloriddihydrat	1.125
Ammoniumchlorid	0.800
Kaliumchlorid	6.350
Natriumrhodanid	0.800
Kaliumdihydrogenphosphat	1.650
Harnstoff	1.000
di-Natriumhydrogenphosphat dest.Wasser ad. 5000ml	1.700

Tab. 2 Ansatz für 5 l künstlicher Speichel nach Klimek et al. 1982

Die Chemikalien wurden abgewogen und einzeln mit destilliertem Wasser in einen 5 l Messkolben gespült und gelöst. Anschliessend wurde die Lösung durch die Zugabe von Salzsäure (7.67 [Mol/L]) auf einen pH-Wert von 6.4 eingestellt.

5.6 Statistische Auswertung

Die Daten (Abtrag an Schmelz nach 10 und 20 Zyklen Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen) wurden in Excel kodiert und mit IBM® SPSS® Version 22 [Mat. 19] analysiert. Für die deskriptiven Statistiken wurden die folgenden Parameter berechnet: Mittelwert, Standardabweichung, Median, Interquartilbereich, Minimum und Maximum der Schmelzverluste nach 10 und 20 Erosions-/Abrasions- und Remineralisationszyklen. Die Annahme der Normalverteilung der Daten wurde mittels Kolmogorov-Smirnov Test überprüft.

Da die Daten für den Schmelzverlust nach 10 und 20 Zyklen nicht normal verteilt waren (Kolmogorov-Smirnov Test), wurde der nicht-parametrische Mann-Whitney-Test verwendet um Unterschiede zwischen den Gruppen (und den einzelnen Messzeitpunkten) festzustellen. Da zu jeden Messzeitpunkten (10 und 20 Zyklen) 15 Vergleiche durchgeführt wurden, wurde der p-Wert mittels Bonferroni-Korrektur korrigiert. Diese resultierte in einem p-Wert von $p < 0.003$ ($0.05/15 = 0.003$).

6 Ergebnisse

Die Abbildung 4 zeigt den mittleren Schmelzverlust sowie die Standardabweichung nach 10 und 20 Erosions- Abrasions- und Remineralisationszyklen der sechs getesteten Gruppen.

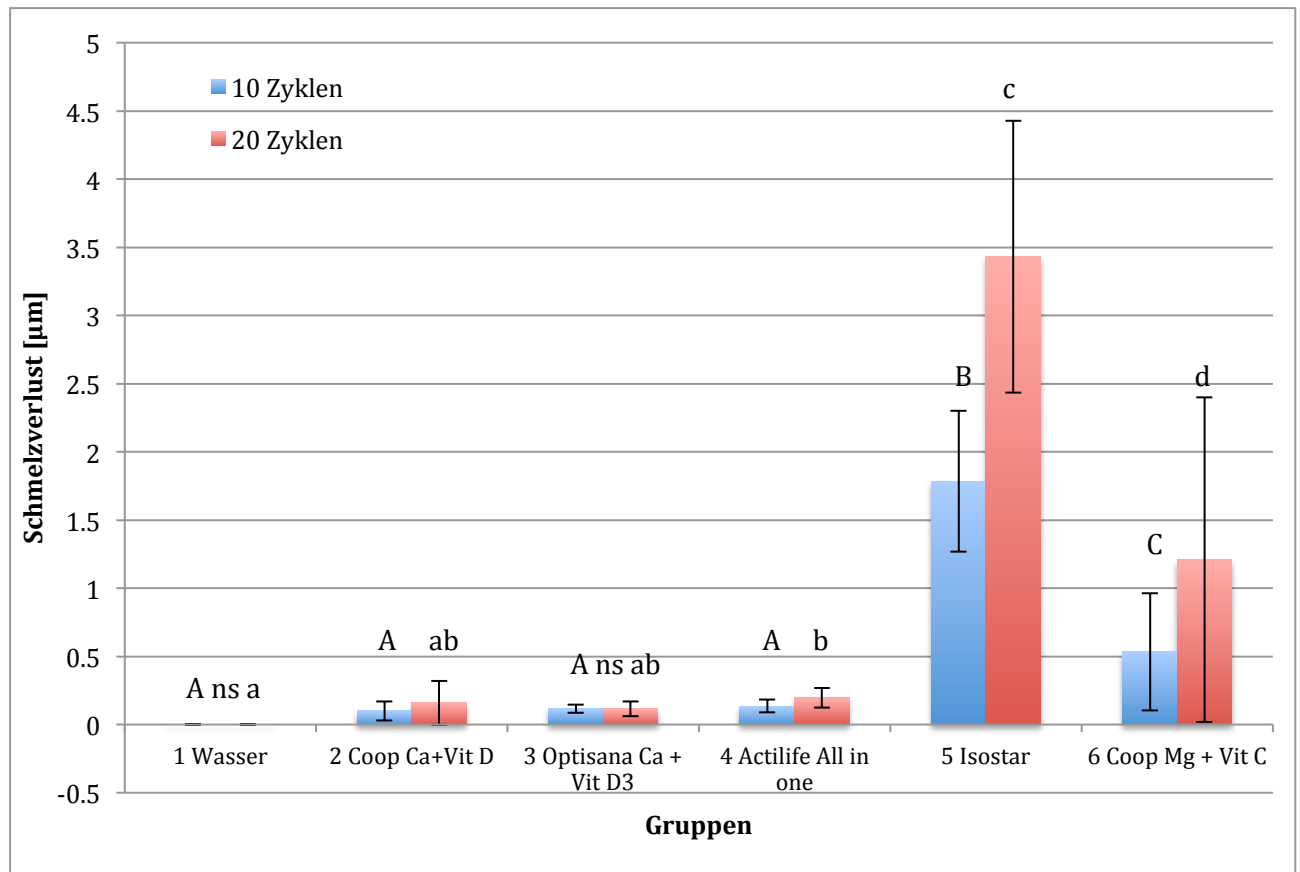


Abb. 4 Mittlerer Schmelzabtrag und Standardabweichung in den sechs Gruppen nach 10 und 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen. Werte innerhalb derselben Anzahl an Zyklen, welche sich nicht signifikant unterscheiden, sind mit gleichen Buchstaben gekennzeichnet (Grossbuchstaben für 10 Zyklen und Kleinbuchstaben für 20 Zyklen). Werte innerhalb derselben Gruppe, für 10 und 20 Zyklen, welche sich nicht unterscheiden, sind mit ns gekennzeichnet.

Die Kontrollgruppe 1 (Wasser) zeigte sowohl nach 10 als auch nach 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen keinen Schmelzabtrag.

Nach 10 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen wurde in der Gruppe 5 (Isostar) der grösste Schmelzabtrag ($1.8 \pm 0.5 \mu\text{m}$) beobachtet. In allen anderen Gruppen (1-4 und 6) (Wasser, CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3, ActilifeAllInOne und CoopMgVitC) war der Schmelzabtrag signifikant geringer ($p < 0.003$).

Der zweitgrösste Schmelzabtrag wurde in der Gruppe 6 (CoopMgVitC) ($0.5 \pm 0.4 \mu\text{m}$) beobachtet. Die Gruppen 1, 2, 3 und 4 (Wasser, CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3 und ActilifeAllInOne) wiesen erneut einen signifikant geringeren Schmelzabtrag auf ($p < 0.003$).

In den Gruppen 2, 3 und 4 (CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3 und ActilifeAllInOne) konnte im Vergleich zur Kontrollgruppe 1 (Wasser) kein signifikanter Schmelzabtrag festgestellt werden ($p = 0.319, 0.178$ und 0.005).

Der Schmelzabtrag der Gruppe 2 (CoopCaVitD) unterschied sich nicht signifikant von dem der Gruppen 3 und 4 (OptisanaCaVitD3, ActilifeAllInOne) ($p = 0.128$ und 0.039). Auch in der Gruppe 3 (OptisanaCaVitD3) konnte im Vergleich zur Gruppe 4 (ActilifeAllInOne) kein signifikanter Schmelzabtrag beobachtet werden ($p = 0.242$).

Nach 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen wurde erneut in der Gruppe 5 (Isostar) der grösste Schmelzabtrag ($3.4 \pm 1 \mu\text{m}$) beobachtet. Der Schmelzabtrag der anderen Gruppen (1-4 und 6) (Wasser, CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3, ActilifeAllInOne und CoopMgVitC) war erneut signifikant geringer ($p < 0.003$).

Der zweitgrösste Schmelzabtrag wurde in der Gruppe 6 (CoopMgVitC) ($1.2 \pm 1.2 \mu\text{m}$) beobachtet. Der Schmelzabtrag der Gruppe 1-4 (Wasser, CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3, ActilifeAllInOne) war erneut signifikant geringer als in der Gruppe 6 (CoopMgVitC) ($p < 0.003$).

Nach 20 Zyklen konnte in der Gruppe 4 (ActilifeAllInOne) ein signifikanter Schmelzabtrag ($0.2 \pm 0.1 \mu\text{m}$) im Vergleich zur Kontrollgruppe 1 (Wasser) beobachtet werden.

In den Gruppen 2 und 3 (CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3) hingegen konnte im Vergleich zur Kontrollgruppe 1 (Wasser) kein signifikanter Schmelzabtrag festgestellt werden ($p = 0.977$ und 0.977). Der Schmelzabtrag der Gruppe 2 (CoopCaVitD) unterschied sich nicht signifikant von dem der Gruppen 3 und 4 (OptisanaCaVitD3, ActilifeAllInOne) ($p = 0.887$ und 0.028). Auch in der Gruppe 3 (OptisanaCaVitD3) konnte im Vergleich zur Gruppe 4 (ActilifeAllInOne) kein signifikanter Schmelzabtrag beobachtet werden ($p = 0.005$).

Vergleicht man innerhalb der Gruppen den Schmelzabtrag nach 10 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen mit dem nach 20 Zyklen, so kam es in den Gruppen 2, 4, 5 und 6 (CoopCaVitD, ActilifeAllInOne, Isostar und CoopMgVitC) zu einem signifikanten Anstieg des Schmelzabtrages ($p < 0.05$). In den Gruppen 1 und 3 (Wasser, OptisanaCaVitD3) kam es hingegen zu keinem

signifikanten Anstieg des Schmelzabtrages von 10 zu 20 Zyklen ($p = 0.317$ und 0.790).

7 Diskussion

7.1 Material und Methoden

In der vorliegenden Studie wurde, wie in anderen In-vitro-Studien, boviner Schmelz als Ersatz für humanen Schmelz verwendet (Wiegand et al. 2006; Attin et al. 2003). Boviner Schmelz weist eine ähnliche Mikrostruktur wie humaner Schmelz auf. Im Vergleich zu humanem Schmelz weist boviner Schmelz keine Unterschiede in der Erosionsprogression und in der Oberflächenstruktur nach einem Erosionsprozess auf (Laurance-Young et al., 2011).

Die Verwendung von bovinem Schmelz bringt viele Vorteile mit sich (Laurance-Young et al., 2011). So ist er rasch und in grosser Anzahl vom Schlachthof verfügbar. Zudem liefern bovine Zähne mehr Zahnhartsubstanz, in einem guten Zustand, als humane Zähne (Yassen et al., 2011). Rinderzähne sind keinen äusseren Einflüssen, wie zum Beispiel verschiedenen Ernährungen oder Fluoridierungsmassnahmen, ausgesetzt und weisen somit eine einheitlichere Zusammensetzung als humaner Schmelz auf (Laurance-Young et al., 2011; Yassen et al., 2011).

Bei der Interpretation der Studienergebnisse sollte berücksichtigt werden, dass humaner Schmelz eine grössere Oberflächenhärte besitzt und darum gegenüber einem Erosionsprozess sowie der Kombination eines Erosions- und Abrasionsprozesses resistenter als boviner Schmelz ist (Attin et al., 2007; Rios et al., 2006).

Um den jeweiligen Schmelzverlust zu bestimmen, wurde die Methode der Profilometrie angewandt. Sie ist ein simples und schnelles Verfahren, um Zahnhartsubstanzverluste durch Erosion und Abrasion messen zu können (Barbour and Rees, 2004). Es sollte beachtet werden, dass die äusserste demineralisierte Schmelzschicht anfällig für mechanische Einflüsse ist. So kann es während des mechanischen Abtastens der Schmelzoberfläche zu einer Penetration des Stylus

kommen. Dies kann zu erhöhten Messwerten führen. Zusätzlich kann der Stylus Kratzer auf der Oberfläche hinterlassen (Attin and Wegehaupt, 2014).

Um zuverlässige Ergebnisse zu erhalten, muss die Schmelzoberfläche zuvor geglättet und poliert werden (Barbour and Rees, 2004). Das bringt der Nachteil mit sich, dass polierte Schmelzoberflächen anfälliger für Erosionen sind (Meurman and Frank, 1991a). Diese Tatsachen könnten die Ergebnisse dieser Studie minimal verfälscht haben.

In der vorliegenden Studie sollte folgendes klinisches Szenario simuliert werden: Ein Patient, der unmittelbar nach dem Konsum der jeweiligen Vitamin- und Mineralbrausetablette die Zähne putzt. Es handelt sich dabei um das schlimmste anzunehmende Szenario.

Um die klinische Situation beim Konsum eines Getränkes möglichst gut zu simulieren, wurden die Proben einem erosiven Angriff von 120 s ausgesetzt (Meurman et al., 1987). Diese Erosionsdauer wurde bereits in anderen Studien verwendet (Lussi et al., 2012; Wegehaupt et al., 2011). Eine längere Erosionszeit hätte wahrscheinlich zu einem grösseren Schmelzverlust geführt (Eisenburger et al., 2000; Attin et al., 1997). So konnten Attin et al. (1997) in einer In-vitro-Studie eine statistisch signifikante Korrelation zwischen dem anfänglichen grösseren Mikrohärteverlust durch einen längeren Erosionsprozess und dem nachfolgenden erhöhten Substanzabtrag durch das Zähneputzen feststellen (Attin et al., 1997).

Während des Erosionsprozesses wurde die Erosionsflüssigkeit mit Hilfe einer Pipette in Bewegung gehalten. Diese physikalische Flüssigkeitsbewegung hat einen Einfluss auf den Erosionsprozess. Wird die Flüssigkeit nicht bewegt, so ist die mit dem Schmelz in Kontakt stehende Flüssigkeitsschicht schnell mit Zahnhartsubstanzmineralien gesättigt. Dadurch stoppt der Demineralisationsprozess. Wird die Erosionslösung hingegen in Bewegung gehalten, wird ständig neue Säure nachgeliefert. Dies geschieht zum Beispiel beim Trinken eines sauren Getränkes und sollte in diesem Experiment simuliert werden (Barbour and Lussi, 2014).

Für den Abrasionsprozess wurde ein Bürstslurry mit einem RDA-Wert („relative dentine abrasivity“) von 100 verwendet. Die meisten Zahnpasten in Industrieländern weisen einen RDA-Wert unter 100 auf (Shellis and Addy, 2014).

In der Literatur sind widersprüchliche Aussagen zu finden, inwiefern der RDA-Wert und die Borstensteife einen Einfluss auf den erodierten Schmelzverlust haben.

Wiegand et al. (2008) und Pickles et al. (2005) konnten in-vitro beobachten, dass eine steigende Abrasivität der Zahnpasta zu einem erhöhten Abtrag erodierten Schmelzes führt. Bei der Untersuchung von Wiegand et al. (2008) wurde der Substanzverlust durch die Borstensteife beeinflusst (Wiegand et al., 2008b; Pickles et al., 2005). Voronets et al. (2008) konnten in ihrer In-vitro-Studie hingegen feststellen, dass die Borstensteife keinen Einfluss auf den Schmelzverlust hat (Voronets et al., 2008). In-situ scheint laut Hooper et al. (2003) der RDA-Wert keinen Einfluss auf den Abtrag von erodierten Schmelz zu haben (Hooper et al., 2003).

Es kann davon ausgegangen werden, dass in der vorliegenden In-vitro-Studie die Verwendung eines Bürstslurrys mit einem anderen RDA-Wert zu anderen Ergebnissen geführt hätte. Inwiefern sich eine andere Borstensteife auf den Schmelzabtrag ausgewirkt hätte, ist fraglich.

Es muss beachtet werden, dass das Bürstslurry, welches die Zahnpasta imitieren sollte, kein Fluorid enthielt. Hara et al. (2009) konnten zeigen, dass fluoridhaltige Zahnpasten bei gleicher Abrasivität (REA: „relative enamel abrasivity“) weniger abrasiv auf erodierten Zahnschmelz wirken (Hara et al., 2009a). Die Zahnpastenabrasivität auf erodierten Schmelz scheint also abhängig vom Fluoridgehalt der Zahnpasta zu sein (Hara et al., 2009a; Ganss et al., 2007). Dementsprechend hätte die Zugabe von Fluorid zum Bürstslurry vermutlich zu einem geringeren Schmelzverlusten geführt. Es wurde bewusst auf eine Fluoridzugabe verzichtet, da ansonsten vermutlich viel mehr Erosions- und Abrasionszyklen hätten durchgeführt werden müssen, um messbare Resultate zu erhalten. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass es trotz einer Fluoridzugabe früher oder später zu einem Substanzabtrag gekommen wäre.

Während des Abrasionsprozesses wurde, wie bereits in einer anderen Studie, mit Hilfe eines an der Zahnbürste befestigten Gewichts, ein konstanter Druck von 2.5 N auf die Schmelzproben ausgeübt (Attin et al., 2005). Ein grösserer Anpressdruck hätte wahrscheinlich zu mehr Schmelzabrasion geführt (Wiegand et al., 2007). Die Schmelzproben wurden, wie bereits in anderen Studien, mit einer Bürstfrequenz von 60 Bürststriche pro Minute mit 40 Bürststrichen gebürstet (Wiegand et al., 2008b; Attin et al., 2005).

Voronets und Lussi (2010) konnten in einer In-vitro-Studie feststellen, dass eine längere Bürstzeit zu einem grösseren Substanzverlust führte. Dies war jedoch nur bis zu einem gewissen Schmelzabtrag zu beobachten. Danach scheint der erodierte Schmelz gegenüber einem weiteren Substanzabtrag resistent zu sein (Voronets and Lussi, 2010). Laut Voronets und Lussi (2010) kann davon ausgegangen werden, dass es zu Beginn des Abrasionsprozesses zu mehr Schmelzabrasion kommt (Voronets and Lussi, 2010). Wird diese Tatsache in dieser Studie berücksichtigt, stellt sich die Frage, ob mehr Bürststriche zu einem grösseren Substanzverlust geführt hätten, oder ob nach 40 Bürststrichen eventuell schon der gesamte erweichte Schmelz entfernt wurde.

Jaeggi und Lussi (1999) konnten in einer In-situ-Studie zeigen, dass der durch ein Erosions- /Abrasionsprocedere verursachte Schmelzverlust mit der intraoralen Speichelpositionszeit nach dem erosiven Prozess assoziiert war (Jaeggi and Lussi, 1999). Mit anderen Worten: Wird unmittelbar nach einer Säureapplikation gebürstet, so zeigt sich ein grösserer Schmelzverlust, als wenn länger gewartet wird (Jaeggi and Lussi, 1999).

In dieser Studie wurde bewusst auf eine Remineralisationsphase im künstlichen Speichel nach dem Erosionsprozess verzichtet. Eine eingebaute Remineralisationsphase schützt nur minimal, wie in anderen Studien gezeigt, vor einem Schmelzverlust durch eine nachfolgende Zahnbürstabrasion (Ganss et al., 2007; Lippert et al., 2004). Falls die in dieser Studie getesteten Produkte zu einem Substanzabtrag führen, kann davon ausgegangen werden, dass auch bei einer Zwischenlagerung in einer remineralisierenden Lösung keine oder nur geringfügig andere Resultate zu erwarten sind. Wenn mit einer zusätzlichen Remineralisationslösung gearbeitet würde, müssten möglicherweise mehr Zyklen durchgeführt werden, bis ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden könnte.

Nach dem Erosions- und Abrasionsprocedere wurden die Proben, wie bereits schon in einer anderen Studie, 3 h im künstlichen Speichel zur Remineralisation aufbewahrt (Wiegand et al., 2008b). Diese Dauer sollte die Zeit nach dem Zähneputzen und dem nächsten Konsum simulieren.

Lippert et al. (2004) konnten mit Hilfe eines „tapping mode atomic force microscopy“ beobachten, dass eine künstliche Speichellösung zu einem Niederschlag führen

kann, welcher sich nicht ganz wegbürsten lässt (Lippert et al., 2004). Ob es in diesem Experiment zu einem Niederschlag durch die künstliche Speichellösung gekommen ist, bleibt ungewiss.

Es sollte bewusst sein, dass die Ergebnisse dieser In-vitro-Studie nur begrenzt übertragbar auf eine In-vivo-Situation sind. Es ist in vivo mit einem kleineren Demineralisationsausmass zu rechnen als in vitro (Ganss et al., 2014). Demzufolge führen die getesteten Produkte vermutlich in vivo zu einem kleineren Schmelzverlust. Zudem konnten biologische wichtige Faktoren, wie die Verdünnung der Säurelösung durch den Speichel, sowie die protektiven Eigenschaften des Speichelpellikels, nicht simuliert werden (Wiegand and Attin, 2011). Wie in Kapitel 3.4 beschrieben, spielen viele verschiedene Faktoren bei der Entstehung von Erosionen eine Rolle.

7.2 Ergebnisse

Die meisten kommerziell erhältlichen Zahnpasten weisen einen sehr geringen Einfluss auf gesunden, nicht erodierten Schmelz auf (Addy and Hunter, 2003). Daher konnte in der Kontrollgruppe 1 (Wasser) sowohl nach 10, wie auch nach 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen, keinen Schmelzabtrag festgestellt werden. Mehr Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen und eine Verwendung einer Zahnpasta mit einem höheren REA-Wert hätte vielleicht früher oder später zu einem messbaren Substanzabtrag führen können (Philpotts et al., 2005).

Bei der Gruppe 5 und 6 (Isostar, CoopMgVitC) wurde sowohl nach 10 als auch nach 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen, ein signifikanter Schmelzabtrag festgestellt. Die Gruppe 5 (Isostar) zeigte dabei den grössten Schmelzabtrag.

In der Gruppe 4 (ActilifeAllInOne) konnte erst nach 20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen ein signifikanter Schmelzabtrag im Vergleich zur Kontrollgruppe 1 (Wasser) beobachtet werden. In den Gruppen 2 und 3 (CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3) konnte sowohl nach 10, wie auch nach 20 Zyklen, keinen signifikanten Schmelzabtrag gemessen werden.

Die Nullhypothese der Studie, dass kommerziell erhältliche Vitamin- und Mineralbrausetabletten keinen Unterschied im Substanztantrag während eines De- /Remineralisationszykluses mit zusätzlicher Bürstabrasion verursachen, muss somit zurückgewiesen werden.

Ein langanhaltender Demineralisationsprozess kann zu einem direkten erosiven Schmelzverlust führen (Shellis and Addy, 2014). So wurde im Rahmen der Masterarbeit zum Thema: „In-vitro evaluation of erosive potential of vitamin/mineral effervescent tablets commercially available in Switzerland“ der direkte erosive Schmelzverlust durch die ebenfalls hier untersuchten Vitamin- und Mineralbrausetabletten profilometrisch bestimmt (Lunghi, 2015). Der Verlust des erweichten Schmelzes durch eine nachfolgende Zahnbürstabrasion wurde in der Masterarbeit, im Vergleich zu dieser Arbeit, nicht weiter untersucht. Dafür wurde eine chemische Analyse der Erosionslösungen durchgeführt. In der Tabelle 3 ist ersichtlich, dass alle Vitamin- und Mineralbrausetablettenlösungen Säuren enthielten. Es kann davon ausgegangen werden, dass alle Vitamin- und Mineralbrausetabletten wegen der enthaltenen Säuren zu einem erosiven Schmelzverlust führen. Darauf weisen bereits durchgeführte Studien hin (Ehlen et al., 2008; Parry et al., 2001). Obwohl alle Erosionslösungen Säure enthielten, konnte in der vorliegenden Studie nicht bei allen Produkten ein Schmelzabtrag festgestellt werden.

Werden die chemischen Eigenschaften der Erosionslösungen miteinander verglichen (siehe Tabelle 3), so fällt auf, dass die pH-Werte praktisch identisch sind. Lussi et al. (2012) haben festgestellt, dass der pH-Wert den grössten Einfluss auf die Oberflächenerweichung nach 2 min Erosionszeit hat (Lussi et al., 2012). Da sich die pH-Werte der Erosionslösungen praktisch nicht voneinander unterschieden, kann dieser Faktor nicht für die Unterschiede des Schmelzverlustes verantwortlich sein.

Werden die Kalziumgehalte der Erosionslösungen miteinander verglichen, so kann man feststellen, dass in den Gruppen 5 und 6 (Isostar, CoopMgVitC), bei welchen der grösste Substanztantrag beobachtet wurde, der Gehalt an Kalzium im Vergleich zu den Gruppen 2 und 3 (CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3) sehr viel geringer war. Die Gruppe 4 (ActilifeAllInOne) wies im Vergleich zur Gruppe 2 und 3 (CoopCaVitD, OptisanaCaVitD3) ebenfalls einen kleineren Kalziumgehalt auf. Er war jedoch grösser als der der Gruppe 5 und 6 (Isostar, CoopMgVitC). Dies könnte der Grund dafür sein, wieso es bei der Gruppe 4 (ActilifeAllInOne) erst nach

20 Erosions- /Abrasions- und Remineralisationszyklen zu einem signifikanten Schmelzabtrag gekommen ist.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass Vitamin- und Mineralbrausetabletten mit einem tiefen pH-Wert, aber einem grossen Kalziumgehalt, weniger erosiv wirken, als Vitamin- und Mineralbrausetabletten, welche den gleichen pH-Wert aufweisen, jedoch viel weniger (Gruppe 5, Isostar) oder gar kein Kalzium enthalten (Gruppe 6, CoopMgVitC).

Diese Beobachtungen zeigen, dass Kalzium ein anti-erosives Potential zugerechnet werden kann. Verschiedene andere Studien haben bereits gezeigt, dass eine höhere Konzentration an Kalzium und/oder Phosphat dazu führt, dass die Erosionslösung an Mineralien, im Bezug auf Hydroxylapatit, gesättigter ist. Die Mineralsättigung im Bezug auf Hydroxylapatit ist wiederum abhängig vom pH-Wert und der Kalzium- und Phosphatkonzentration in der Erosionslösung. Ein grösserer Gehalt an Kalzium führt demzufolge dazu, dass eine säurehaltige Lösung weniger erosiv wirkt (Lussi et al., 2012; Hara and Zero, 2008; Jensdottir et al., 2005).

Gruppe/ Produkt	pH	H ⁺	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻	Mg ²⁺	Zitronen- säure	Askorbin- säure	Apfel- säure	CO ₂
1 Wasser	8.20	-	1.20	0.001	0.30	0.26	-	0.00	0.91
2 CoopCaVitD in H₂O	4.10	19.00	33.30	-	-	28.94	-	6.71	49.18
3 OptisanaCaVitD3 in H₂O	3.93	18.04	50.10	-	-	42.16	-	14.92	71.57
4 ActilifeAllInOne in H₂O	4.06	16.26	12.40	-	21.8	33.83	1.60	-	52.26
5 Isostar in H₂O	3.82	17.75	3.40	0.40	3.80	22.90	0.35	-	32.72
6 CoopMgVitC in H₂O	4.30	12.25	-	-	38.70	29.46	1.64	-	37.83

Tab. 3 pH, Konzentration (mM) an Hydrogen-Ionen (H⁺), Kalzium (Ca²⁺), Phosphat (PO₄³⁻) und Magnesium (Mg²⁺), Zitronen-, Askorbin-, und Apfelsäure sowie Kohlenstoffdioxid (CO₂) (Lunghi, 2015)

Lippert et al. (2004) konnten zeigen, dass durch den Erosionsprozess mehr Schmelz verloren geht als durch den nachfolgenden Abrasionsprozess (Lippert et al., 2004).

Die Ergebnisse dieser Studie stimmen mit den Beobachtungen anderer Studien überein. Lussi et al. (2012) haben bereits diverse potentiell erosiv wirkende Produkte untersucht. Dabei führten die Produkte Isostar ($p = 0.002$), Vitamin C Brausetabletten Actilife Migros ($p = 0.002$) und Vitamin C Brausetabletten Streuli Pharma AG ($p = 0.002$) zu einer signifikanten Oberflächenerweichung nach 2 min Erosionszeit. Die Oberflächenerweichung in der von Lussi et al. (2012) durchgeführten Studie korrelierte mit dem pH-Wert und dem Mineralsättigungsgrad der Brausetabletten in Bezug auf Hydroxylapatit und Fluorapatit. Naturjoghurt verursachte keine Oberflächenerweichung nach 2 min Erosionszeit, obwohl ein niedriger pH-Wert von 3.91 vorlag. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der getestete Joghurt im Bezug zu Hydroxylapatit und Fluorapatit viel Kalzium und Phosphat enthielt (Lussi et al., 2012). Milosevic (1997) konnte Isostar ebenfalls ein erosives Potential zurechnen.

Hara und Zero (2008) konnten beobachten, dass Getränke, welche mehr Kalzium enthalten, ein kleineres erosives Potential bei gleichem pH-Wert zeigen. Der Kalziumgehalt sowie der pH-Wert scheinen also gute Indikatoren dafür zu sein, um das erosive Potential eines Getränkes mehr oder weniger einschätzen zu können (Hara and Zero, 2008).

Attin et al. (2005) konnten zeigen, dass die Zugabe von Kalzium oder die Kombination von Kalzium, Phosphat und Fluorid ebenfalls das erosive Potential zu senken vermag (Attin et al., 2005). Patienten, die anfällig auf Erosionsentstehungen sind, könnten die in dieser Studie untersuchten erosiven Produkte vor dem Konsum selber mit Hilfe von Nahrungsergänzungsmitteln (Kalziumbrausetabletten/Säure-Base regulierendes Pulver) modifizieren (Wegehaupt et al., 2011). Dies könnte eine Möglichkeit darstellen, das erosive Potential von kommerziell erhältlichen Vitamin- und Mineralbrausetabletten zu senken.

7.3 Schlussfolgerung

Die Resultate dieser Studie zeigen, dass gewisse kommerziell erhältliche Vitamin- und Mineralbrausetabletten (Isostar, CoopMgVitC und ActilifeAllInOne), erosiv wirken und damit eine anschliessende Zahnbürstabrasion verstärken können.

8 Literaturverzeichnis

- Addy M. and Hunter M. L., 2003: Can tooth brushing damage your health?
Effects on oral and dental tissues: *Int Dent J*, v. 53 Suppl 3, p. 177-86.
- Amaechi B. T. and Higham S. M., 2001: Eroded enamel lesion remineralization by saliva as a possible factor in the site-specificity of human dental erosion:
Arch Oral Biol, v. 46, p. 697-703.
- Amaechi B. T. Higham S. M. and Edgar W. M., 2003: Influence of abrasion in clinical manifestation of human dental erosion: *J Oral Rehabil*, v. 30, p. 407-13.
- Atkinson J. C. and Wu A. J., 1994: Salivary gland dysfunction: causes, symptoms, treatment: *J Am Dent Assoc*, v. 125, p. 409-16.
- Attin T., Becker K., Roos M., Attin R. and Paqué F., 2009: Impact of storage conditions on profilometry of eroded dental hard tissue: *Clin Oral Investig*, v. 13, p. 473-8.
- Attin T., Buchalla W., Gollner M. and Hellwig E., 2000: Use of variable remineralization periods to improve the abrasion resistance of previously eroded enamel: *Caries Res*, v. 34, p. 48-52.
- Attin T., Koidl U., Buchalla W., Schaller H. G., Kielbassa A. M. and Hellwig E., 1997: Correlation of microhardness and wear in differently eroded bovine dental enamel: *Arch Oral Biol*, v. 42, p. 243-50.
- Attin T., Wegehaupt F., Gries D. and Wiegand A., 2007: The potential of deciduous and permanent bovine enamel as substitute for deciduous and permanent human enamel: Erosion-abrasion experiments: *J Dent*, v. 35, p. 773-7.
- Attin T. and Wegehaupt F. J., 2014: Methods for assessment of dental erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 123-42.
- Attin T., Weiss K., Becker K., Buchalla W. and Wiegand A., 2005: Impact of modified acidic soft drinks on enamel erosion: *Oral Dis*, v. 11, p. 7-12.
- Aykut-Yetkiner A., Wiegand A., Bollhalder A., Becker K. and Attin T., 2013: Effect of acidic solution viscosity on enamel erosion: *J Dent Res*, v. 92, p. 289-94.
- Azadi-Schossig P., Becker K. and Attin T., 2015: Chelating effect of citric acid is negligible for development of enamel erosions: *Clin Oral Investig*.
- Barbour M. E., Finke M., Parker D. M., Hughes J. A., Allen G. C. and Addy M., 2006: The relationship between enamel softening and erosion caused by soft drinks at a range of temperatures: *J Dent*, v. 34, p. 207-13.

- Barbour M. E. and Lussi A., 2014: Erosion in relation to nutrition and the environment: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 143-54.
- Barbour M. E. and Rees J. S., 2004: The laboratory assessment of enamel erosion: a review: *J Dent*, v. 32, p. 591-602.
- Bartlett D. W., Lussi A., West N. X., Bouchard P., Sanz M. and Bourgeois D., 2013: Prevalence of tooth wear on buccal and lingual surfaces and possible risk factors in young European adults: *J Dent*, v. 41, p. 1007-13.
- Bassiouny M. A., 2013: Dental erosion due to abuse of illicit drugs and acidic carbonated beverages: *Gen Dent*, v. 61, p. 38-44.
- Clark C. S., Kraus B. B., Sinclair J. and Castell D. O., 1989: Gastroesophageal reflux induced by exercise in healthy volunteers: *JAMA*, v. 261, p. 3599-601.
- Corrêa M. C., Lerco M. M., Cunha M. e. L. and Henry M. A., 2012: Salivary parameters and teeth erosions in patients with gastroesophageal reflux disease: *Arq Gastroenterol*, v. 49, p. 214-8.
- Cui F. Z., and Ge J., 2007: New observations of the hierarchical structure of human enamel, from nanoscale to microscale: *J Tissue Eng Regen Med*, v. 1, p. 185-91.
- Dawes C., 2003: What is the critical pH and why does a tooth dissolve in acid?: *J Can Dent Assoc*, v. 69, p. 722-4.
- Dugmore C. R. and Rock W. P., 2004: A multifactorial analysis of factors associated with dental erosion: *Br Dent J*, v. 196, p. 283-6; discussion 273.
- Dukić W., Dobrijević T., Katunarić M., Milardović S. and Segović S., 2010: Erosive lesions in patients with alcoholism: *J Am Dent Assoc*, v. 141, p. 1452-8.
- Ehlen L. A., Marshall T. A., Qian F., Wefel J. S. and Warren J. J., 2008: Acidic beverages increase the risk of in vitro tooth erosion: *Nutr Res*, v. 28, p. 299-303.
- Eisenburger M. and Addy M., 2002a: Erosion and attrition of human enamel in vitro part I: interaction effects: *J Dent*, v. 30, p. 341-7.
- Eisenburger M. and Addy M., 2002b: Erosion and attrition of human enamel in vitro part II: influence of time and loading: *J Dent*, v. 30, p. 349-52.
- Eisenburger M. and Addy M., 2003: Influence of liquid temperature and flow rate on enamel erosion and surface softening: *J Oral Rehabil*, v. 30, p. 1076-80.
- Eisenburger M., Hughes J., West N. X., Jandt K. D. and Addy M., 2000: Ultrasonication as a method to study enamel demineralisation during acid erosion: *Caries Res*, v. 34, p. 289-94.

- Eisenburger M., Shellis R. P. and Addy M., 2004: Scanning electron microscopy of softened enamel: *Caries Res*, v. 38, p. 67-74.
- El Aidi H., Bronkhorst E. M., Huysmans M. C. and Truin G. J., 2011: Multifactorial analysis of factors associated with the incidence and progression of erosive tooth wear: *Caries Res*, v. 45, p. 303-12.
- Engelen L., de Wijk R. A., Prinz J. F., van der Bilt A. and Bosman F., 2003: The relation between saliva flow after different stimulations and the perception of flavor and texture attributes in custard desserts: *Physiol Behav*, v. 78, p. 165-9.
- Farahmand F., Sabbaghian M., Ghodousi S., Seddighoraee N. and Abbasi M., 2013: Gastroesophageal reflux disease and tooth erosion: a cross-sectional observational study: *Gut Liver*, v. 7, p. 278-81.
- Ganss C., 2006: Definition of erosion and links to tooth wear: *Monogr Oral Sci*, v. 20, p. 9-16.
- Ganss C., Lussi A. and Schlueter N., 2014: The histological features and physical properties of eroded dental hard tissues: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 99-107.
- Ganss C., Schlueter N., Friedrich D. and Klimek J., 2007: Efficacy of waiting periods and topical fluoride treatment on toothbrush abrasion of eroded enamel in situ: *Caries Res*, v. 41, p. 146-51.
- Gregg T., Mace S., West N. X. and Addy M., 2004: A study in vitro of the abrasive effect of the tongue on enamel and dentine softened by acid erosion: *Caries Res*, v. 38, p. 557-60.
- Hannig C., Hannig M. and Attin T., 2005: Enzymes in the acquired enamel pellicle: *Eur J Oral Sci*, v. 113, p. 2-13.
- Hannig M. and Balz M., 2001: Protective properties of salivary pellicles from two different intraoral sites on enamel erosion: *Caries Res*, v. 35, p. 142-8.
- Hannig M., Fiebiger M., Guntzer M., Döbert A., Zimehl R. and Nekrashevych Y., 2004: Protective effect of the in situ formed short-term salivary pellicle: *Arch Oral Biol*, v. 49, p. 903-10.
- Hannig M. and Hannig C., 2014: The pellicle and erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 206-14.
- Hara A. T., González-Cabezas C., Creeth J., Parmar M., Eckert G. J. and Zero D. T., 2009a: Interplay between fluoride and abrasivity of dentifrices on dental erosion-abrasion: *J Dent*, v. 37, p. 781-5.

- Hara A. T., Kelly S. A., González-Cabezas C., Eckert G. J., Barlow A. P., Mason S. C. and Zero D. T., 2009b: Influence of fluoride availability of dentifrices on eroded enamel remineralization in situ: *Caries Res*, v. 43, p. 57-63.
- Hara A. T., Lussi A. and Zero D. T., 2006: Biological factors: *Monogr Oral Sci*, v. 20, p. 88-99.
- Hara A. T. and Zero D. T., 2008: Analysis of the erosive potential of calcium-containing acidic beverages: *Eur J Oral Sci*, v. 116, p. 60-5.
- Hara A. T. and Zero D. T., 2014: The potential of saliva in protecting against dental erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 197-205.
- Hellwig E. and Lussi A., 2014: Oral hygiene products, medications and drugs - hidden aetiological factors for dental erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 155-62.
- Hellwig E., Klimek J. and Attin T., 2013: Einführung in die Zahnerhaltung. 6. Aufl.: Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln
- Hellwig E., Lussi A. and Goetz F., 2013: Influence of human saliva on the development of artificial erosions: *Caries Res*, v. 47, p. 553-8.
- Hemingway C. A., White A. J., Shellis R. P., Addy M., Parker D. M. and Barbour M. E., 2010: Enamel erosion in dietary acids: inhibition by food proteins in vitro: *Caries Res*, v. 44, p. 525-30.
- Herman K., Czajczyńska-Waszkiewicz A., Kowalczyk-Zajac M. and Dobrzyński M., 2011: Assessment of the influence of vegetarian diet on the occurrence of erosive and abrasive cavities in hard tooth tissues: *Postepy Hig Med Dosw (Online)*, v. 65, p. 764-9.
- Hooper S., West N. X., Pickles M. J., Joiner A., Newcombe R. G. and Addy M., 2003: Investigation of erosion and abrasion on enamel and dentine: a model in situ using toothpastes of different abrasivity: *J Clin Periodontol*, v. 30, p. 802-8.
- Hunter M. L., West N. X., Hughes J. A., Newcombe R. G. and Addy M., 2000: Erosion of deciduous and permanent dental hard tissue in the oral environment: *J Dent*, v. 28, p. 257-63.
- Jaeggi T. and Lussi A., 2014: Prevalence, incidence and distribution of erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 55-73.
- Jaeggi T. and Lussi A., 1999: Toothbrush abrasion of erosively altered enamel after intraoral exposure to saliva: an in situ study: *Caries Res*, v. 33, p. 455-61.

- Jager D. H., Vieira A. M., Ligtenberg A. J., Bronkhorst E., Huysmans M. C. and Vissink A., 2011: Effect of salivary factors on the susceptibility of hydroxyapatite to early erosion: *Caries Res*, v. 45, p. 532-7.
- Jensdottir T., Bardow A. and Holbrook P., 2005: Properties and modification of soft drinks in relation to their erosive potential in vitro: *J Dent*, v. 33, p. 569-75.
- Johansson A. K., Lingström P., Imfeld T. and Birkhed D., 2004: Influence of drinking method on tooth-surface pH in relation to dental erosion: *Eur J Oral Sci*, v. 112, p. 484-9.
- Johansson A. K., Norring C., Unell L. and Johansson A., 2012: Eating disorders and oral health: a matched case-control study: *Eur J Oral Sci*, v. 120, p. 61-8.
- Joiner A., Schwarz A., Philpotts C. J., Cox T. F., Huber K. and Hannig M., 2008: The protective nature of pellicle towards toothpaste abrasion on enamel and dentine: *J Dent*, v. 36, p. 360-8.
- Karlinsey R. L., Mackey A. C, Blanken D. D. and Schwandt C. S., 2012: Remineralization of eroded enamel lesions by simulated saliva in vitro: *Open Dent J*, v. 6, p. 170-6.
- Larsen M. J., 1990: Chemical events during tooth dissolution: *J Dent Res*, v. 69 Spec No, p. 575-80; discussion 634-6.
- Laurance-Young P., Bozec L., Gracia L., Rees G., Lippert F., Lynch R. J. and Knowles J. C., 2011: A review of the structure of human and bovine dental hard tissues and their physicochemical behaviour in relation to erosive challenge and remineralisation: *J Dent*, v. 39, p. 266-72.
- Li H., Zou Y. and Ding G., 2012: Dietary factors associated with dental erosion: a meta-analysis: *PLoS One*, v. 7, p. e42626.
- Lunghi N., 2015: in-vitro evaluation of erosive potential of vitamin/mineral effervescent tablets commercially available in Switzerland: Masterarbeit Universität Zürich, Zürich
- Lippert F., Parker D. M. and Jandt K. D., 2004: Toothbrush abrasion of surface softened enamel studied with tapping mode AFM and AFM nanoindentation: *Caries Res*, v. 38, p. 464-72.
- Lussi A. and Carvalho T. S., 2014: Erosive tooth wear: a multifactorial condition of growing concern and increasing knowledge: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 1-15.
- Lussi A., Hellwig E., Zero D. and Jaeggi T., 2006: Erosive tooth wear: diagnosis, risk factors and prevention: *Am J Dent*, v. 19, p. 319-25.
- Lussi A. and Jaeggi T., 2006a: Chemical factors: *Monogr Oral Sci*, v. 20, p. 77-87.

- Lussi A. and Jaeggi T., 2006b: Dental erosion in children: *Monogr Oral Sci*, v. 20, p. 140-51.
- Lussi A. and Jaeggi T., 2006c: Occupation and sports: *Monogr Oral Sci*, v. 20, p. 106-11.
- Lussi A., Megert B., Shellis R. P. and Wang X., 2012: Analysis of the erosive effect of different dietary substances and medications: *Br J Nutr*, v. 107, p. 252-62.
- Lussi A. and Schaffner M., 2000: Progression of and risk factors for dental erosion and wedge-shaped defects over a 6-year period: *Caries Res*, p.182–187.
- Lussi, A., Schlueter N., Rakhmatullina E. and Ganss C., 2011: Dental erosion--an overview with emphasis on chemical and histopathological aspects: *Caries Res*, v. 45 Suppl 1, p. 2-12.
- Mangueira D. F., Sampaio F. C. and Oliveira A. F., 2009: Association between socioeconomic factors and dental erosion in Brazilian schoolchildren: *J Public Health Dent*, v. 69, p. 254-9.
- Meurman J. H. and Frank R. M., 1991a: Progression and surface ultrastructure of in vitro caused erosive lesions in human and bovine enamel: *Caries Res*, v. 25, p. 81-7.
- Meurman J. H. and Frank R. M., 1991b: Scanning electron microscopic study of the effect of salivary pellicle on enamel erosion: *Caries Res*, v. 25, p. 1-6.
- Meurman J. H. and Murtomaa H., 1986: Effect of effervescent vitamin C preparations on bovine teeth and on some clinical and salivary parameters in man: *Scand J Dent Res*, v. 94, p. 491-9.
- Meurman J. H., Rytömaa I., Kari K., Laakso T. and Murtomaa H., 1987: Salivary pH and glucose after consuming various beverages, including sugar-containing drinks: *Caries Res*, v. 21, p. 353-9.
- Meurman J. H. and ten Cate J. M., 1996: Pathogenesis and modifying factors of dental erosion: *Eur J Oral Sci*, v. 104, p. 199-206.
- Meyer-Lueckel H. and Kielbassa A. M., 2002: Use of saliva substitutes in patients with xerostomia: *Schweiz Monatsschr Zahnmed*, v. 112, p. 1037-58.
- Millward A., Shaw L., Harrington E. and Smith A. J., 1997: Continuous monitoring of salivary flow rate and pH at the surface of the dentition following consumption of acidic beverages: *Caries Res*, v. 31, p. 44-9.
- Millward A., Shaw L. and Smith A., 1994: Dental erosion in four-year-old children from differing socioeconomic backgrounds: *ASDC J Dent Child*, v. 61, p. 263-6.

- Milosevic A., 1997: Sports drinks hazard to teeth: *Br J Sports Med*, v. 31, p. 28-30.
- Moazzez R. and Bartlett D., 2014: Intrinsic causes of erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 180-96.
- Noble W. H., Donovan T. E. and Geissberger M., 2011: Sports drinks and dental erosion: *J Calif Dent Assoc*, v. 39, p. 233-8.
- Nunn J. H., Ng S. K., Sharkey I. and Coulthard M., 2001: The dental implications of chronic use of acidic medicines in medically compromised children: *Pharm World Sci*, v. 23, p. 118-9.
- Parry J., Shaw L., Arnaud M. J. and Smith A. J., 2001: Investigation of mineral waters and soft drinks in relation to dental erosion: *J Oral Rehabil*, v. 28, p. 766-72.
- Philpotts C. J., Weader E. and Joiner A., 2005: The measurement in vitro of enamel and dentine wear by toothpastes of different abrasivity: *Int Dent J*, v. 55, p. 183-7.
- Piangprach T., Hengtrakool C., Kukiattrakoon B. and Kedjarune-Leggat U., 2009: The effect of salivary factors on dental erosion in various age groups and tooth surfaces: *J Am Dent Assoc*, v. 140, p. 1137-43.
- Pickles M. J., Joiner A., Weader E., Cooper Y. L. and Cox T. F., 2005: Abrasion of human enamel and dentine caused by toothpastes of differing abrasivity determined using an in situ wear model: *Int Dent J*, v. 55, p. 188-93.
- Rios D., Honório H. M., Magalhães A. C., Delbem A. C., Machado M. A., Silva S. M. and Buzalaf M. A., 2006: Effect of salivary stimulation on erosion of human and bovine enamel subjected or not to subsequent abrasion: an in situ/ex vivo study: *Caries Res*, v. 40, p. 218-23.
- Salas M. M., Nascimento G. G., Huysmans M. C. and Demarco F. F., 2015: Estimated prevalence of erosive tooth wear in permanent teeth of children and adolescents: An epidemiological systematic review and meta-regression analysis: *J Dent*, v. 43, p. 42-50.
- Scaramucci T., Sobral M. A., Eckert G. J., Zero D. T. and Hara A. T., 2012: In situ evaluation of the erosive potential of orange juice modified by food additives: *Caries Res*, v. 46, p. 55-61.
- Schlueter N. and Tveit A. B., 2014: Prevalence of erosive tooth wear in risk groups: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 74-98.
- Hellwig E., Klimek J. and Attin T., 2013: Einführung in die Zahnerhaltung. 6. Aufl.: Deutscher Zahnärzte Verlag, Köln

- Schroeder H.E., 2000: *Orale Strukturbioogie. Entwicklungsgeschichte, Struktur und Funktion normaler Hart- und Weichgewebe der Mundhöhle und des Kiefergelenks*. 5. Aufl.: Thieme, Stuttgart, New York
- Shellis R. P. and Addy M., 2014: The interactions between attrition, abrasion and erosion in tooth wear: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 32-45.
- Shellis R. P., Barbour M. E., Jesani A. and Lussi A., 2013: Effects of buffering properties and undissociated acid concentration on dissolution of dental enamel in relation to pH and acid type: *Caries Res*, v. 47, p. 601-11.
- Shellis R. P., Featherstone J. D. and Lussi A., 2014, Understanding the chemistry of dental erosion: *Monogr Oral Sci*, v. 25, p. 163-79.
- Shellis R. P., Finke M., Eisenburger M., Parker D. M. and Addy M., 2005: Relationship between enamel erosion and liquid flow rate: *Eur J Oral Sci*, v. 113, p. 232-8.
- Stensson M., Wendt L. K., Koch G., Oldaeus G., Ramberg P. and Birkhed D., 2011: Oral health in young adults with long-term, controlled asthma: *Acta Odontol Scand*, v. 69, p. 158-64.
- Strub J. R., Kern M., Türp J. C., Witkowski S., Heydecke G. und Wolfart S., 2010: *Curriculum Prothetik Band 1*. 4. Aufl.: Quintessenz Verlag, Freiburg
- Tschoppe P., Wolgin M., Pischon N. and Kielbassa A. M., 2010: Etiologic factors of hyposalivation and consequences for oral health: *Quintessence Int*, v. 41, p. 321-33.
- Voronets J., Jaeggi T., Buerger W. and Lussi A., 2008: Controlled toothbrush abrasion of softened human enamel: *Caries Res*, v. 42, p. 286-90.
- Voronets J. and Lussi A., 2010: Thickness of softened human enamel removed by toothbrush abrasion: an in vitro study: *Clin Oral Investig*, v. 14, p. 251-6.
- Vukosavljevic D., Custodio W., Buzalaf M. A., Hara A. T. and Siqueira W. L., 2014: Acquired pellicle as a modulator for dental erosion: *Arch Oral Biol*, v. 59, p. 631-8.
- Wegehaupt F., Günthart N., Sener B. and Attin T., 2011: Prevention of erosive/abrasive enamel wear due to orange juice modified with dietary supplements: *Oral Dis*, v. 17, p. 508-14.
- Wetton S., Hughes J., Newcombe R. G. and Addy M., 2007: The effect of saliva derived from different individuals on the erosion of enamel and dentine. A study in vitro: *Caries Res*, v. 41, p. 423-6.

- Wiegand A. and Attin T., 2011: Design of erosion/abrasion studies--insights and rational concepts: *Caries Res*, v. 45 Suppl 1, p. 53-9.
- Wiegand A., Begic M. and Attin T., 2006: In vitro evaluation of abrasion of eroded enamel by different manual, power and sonic toothbrushes: *Caries Res*, v. 40, p. 60-5.
- Wiegand A., Bliggenstorfer S., Magalhaes A. C., Sener B. and Attin T., 2008a: Impact of the in situ formed salivary pellicle on enamel and dentine erosion induced by different acids: *Acta Odontol Scand*, v. 66, p. 225-30.
- Wiegand A., Köwing L. and Attin T., 2007: Impact of brushing force on abrasion of acid-softened and sound enamel: *Arch Oral Biol*, v. 52, p. 1043-7.
- Wiegand A., Schwerzmann M., Sener B., Magalhaes A. C., Roos M., Ziebolz D., Imfeld T. and Attin T., 2008b: Impact of toothpaste slurry abrasivity and toothbrush filament stiffness on abrasion of eroded enamel - an in vitro study: *Acta Odontol Scand*, v. 66, p. 231-5.
- Woeltgens J.H, Bervoets T. J., Witjes F. and Houwink B., 1981: Ca and P distribution in sound, demineralised and remineralised human surface enamel: *Caries Res*, v. 15, p. 78-84.
- Yassen G. H., Platt J. A. and Hara A. T., 2011: Bovine teeth as substitute for human teeth in dental research: a review of literature: *J Oral Sci*, v. 53, p. 273-82.
- Zeeck A., Grond S., Papastavrou I., Zeeck S. C., 2014: *Chemie für Mediziner*. 8. Aufl.: Urban und Fischer in Elsevier, München
- Zero D. T. and Lussi A., 2006: Behavioral factors: *Monogr Oral Sci*, v. 20, p. 100-5.
- Zwier N., Huysmans M. C., Jager D. H., Ruben J, Bronkhorst E. M. and Truin G. J., 2013: Saliva parameters and erosive wear in adolescents: *Caries Res*, v. 47, p. 548-52.

9 Anhang

9.1 Materialliste

- Mat. 1: Perthometer Concept, Mahr, Göttingen, Deutschland
- Mat. 2: Calcium und Vitamin D, Qualité & Prix, Orangen Aroma, hergestellt in Deutschland für Coop, Basel, Schweiz, L45
- Mat. 3: Calcium und Vitamin D3, Optisana, Orangen Aroma, Krüger GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach für Lidl Schweiz, Weinfelden, Schweiz, L2400627
- Mat. 4: Actilife All in One, Orangen Aroma, hergestellt in der Schweiz für den Migros-Genossenschafts-Bund, Zürich, Schweiz, CH.04710544
- Mat. 5: Isostar® fast hydration powertabs, Zitronen Aroma, hergestellt in Deutschland, Verteilt unter der Autorität von Nutrition et Santé S.A.S, Revel, France by Wander AG, Neuenegg, Schweiz, L2400525
- Mat. 6: Magnesium und Vitamin C, Qualité & Prix, Zitronen Aroma, hergestellt in Deutschland für Coop, Basel, Schweiz, L2400512
- Mat. 7: Paro M39, Esro AG, Kilchberg, Schweiz
- Mat. 8: Sterile Einmalskalpelle, Gebrüder Martin, Tuttlingen, Deutschland
- Mat. 9: K-Feilen Colorinox®, Dentsply Maillefer, Ballaigues, Schweiz
- Mat. 10: IsoMet® Low Speed Säge mit diamantierter Trennscheibe, Buehler GmbH, Düsseldorf, Deutschland
- Mat. 11: Fräse/Bohrer System, PROXXON GmbH, Föhren, Deutschland
- Mat. 12: Paladur, Heraeus Kulzer, Hanau, Deutschland
- Mat. 13: Ivomat IP3, Ivoclar Vivadent AG, Schaan, Lichtenstein
- Mat. 14: Struers Planopol, Struers, Erkrath, Deutschland
- Mat. 15: Water Proof Silicon Carbide Paper, Struers, Erkrath, Deutschland

- Mat. 16: Ultrasonic cleaner, Branson® 220, Branson Ultrasonics SA, Geneve, Schweiz
- Mat. 17: Tesa®, Beiersdorf, Hamburg, Deutschland
- Mat. 18: Sident 9, Evonik Resource Efficiency GmbH, Hanau, Deutschland
- Mat. 19: International Business Machines Corporation (IBM®), Armonk, New York, USA

9.2 Vitamin/Mineral-Brausetabletten – Zusammensetzung und Herstellerempfehlung

Produkt	Zusammensetzung	Herstellerempfehlung
<p>Calcium und Vitamin D</p> <p>Qualité & Prix</p> <p>Orangen Aroma</p> <p>Hergestellt in Deutschland für Coop, Basel, Schweiz</p> <p>20 Brausetabletten 90g</p>	<p>Säuerungsmittel (Citronensäure, Apfelsäure), Calciumcarbonat (500 mg Ca/Tablette), Natriumhydrogencarbonat (0.10 g Na/Tablette), Maisstärke, Randensaftkonzentrat, Süssungsmittel (Cyclamat, Saccharin), Aroma, Farbstoff (Riboflavin), Vitamin D (5 µg/Tablette), Maltodextrin</p>	<p>1 Tablette/Tag in einem Glas Wasser auflösen</p>
<p>Calcium und Vitamin D3</p> <p>Optisana</p> <p>hergestellt in Deutschland</p> <p>durch Krüger GmbH & Co. KG, Bergisch Gladbach für Lidl, Weinfelden, Schweiz</p> <p>20 Brausetabletten 90g</p>	<p>Säuerungsmittel (Citronensäure, Apfelsäure), Calciumcarbonat (500 mg Ca/Tablette), Natriumhydrogencarbonat, Stärke, färbendes Rote-Bete-Saftpulver (Maltodextrin, Rote-Bete-Saftkonzentrat), Süsstoff (Natriumcyclamat, Saccharin-Natrium), natürliches Aroma, Farbstoff (Riboflavin-5'-Phosphat,</p>	<p>1 Tablette/Tag in einem Glas (200 ml) Wasser auflösen</p>

	Vitamin D3 (5 µg/Tablette)	
<p>Actilife All in One</p> <p>Orangen Aroma</p> <p>hergestellt in der Schweiz</p> <p>für Migros-</p> <p>Genossenschafts-Bund,</p> <p>Zürich, Schweiz</p> <p>20 Brausetabletten 90g</p>	<p>Säuerungsmittel (Citronensäure),</p> <p>9 Mineralstoffe (Calciumcarbonat 240 mg Ca/Tablette),</p> <p>Magnesiumoxid (115 mg Mg/Tablette),</p> <p>Eisengluconat (4.2 mg Fe/Tablette),</p> <p>Natriumselenat (16.5 µg Se/Tablette),</p> <p>Zinksulfat (3 mg Zn/Tablette),</p> <p>Natriummolybdat (15 µg Mo/Tablette),</p> <p>Mangan-II-Sulfat (0.6 mg Mn/Tablette),</p> <p>Kupfersulfat (0.3 mg Cu/Tablette),</p> <p>Chrom-III-Chlorid (12 µg Cr/Tablette),</p> <p>Säureregulator (Natriumcarbonat), Sorbit,</p> <p>12 Vitamine</p> <p>C (80 mg/Tablette),</p> <p>Niacin (16 mg/Tablette),</p> <p>E (12 mg/Tablette),</p> <p>Pantothensäure (6 mg/Tablette),</p> <p>B6 (1.4 mg/Tablette),</p> <p>B2 (1.4 mg/Tablette),</p> <p>B1 (1.1 mg/Tablette),</p> <p>A (400 µg/Tablette),</p>	<p>1 Tablette/Tag in einem Glas (200 ml) Wasser auflösen,</p> <p>Kinder: ½ Tablette</p>

	<p>Folsäure (200 µg/Tablette), Biotin (50 µg/Tablette), D (2.5 µg/Tablette), B12 (2.5 µg/Tablette), Aromen, Schaumverhüter (Polyethylenglykol, E473), Süsstoffe (Aspartam, Acesulfam K), Mannit, Trennmittel (E551), Farbstoff (Beta-Carotin)</p>	
<p>Isostar® fast hydration powertabs, Zitronen Aroma hergestellt in Deutschland Verteilt unter der Autorität von Nutrition et Santé S.A.S, Revel, France by Wander AG, Neuenegg, Schweiz 10 Brausetabletten 120g</p>	<p>Dextrose, Säureregulatoren: Zitronensäure, Natriumhydrogencarbonat, Stärke, Maltodextrin, natürliches Zitronenaroma und andere natürliche Aromen (Farbstoff: Carotinoide), Mineralstoffe: Kaliumbicarbonat (48 mg K/Tablette), Magnesiumcarbonat (17 mg Mg/Tablette), Calciumcarbonat, Natriumchlorid (0.17 g Na/Tablette), Calciumsalze (44.4 mg Ca/Tablette) der Orthophosphorsäure, Süßungsmittel: Aspartam, Vitamin C (12 mg/Tablette),</p>	<p>Trinken Sie am besten während des Aufwärmens und regelmäßig während und nach dem Training (bis zu 2 Stunden) 150 ml alle 15 Minuten. Lösen Sie dafür 2 Tabletten in 500 ml Wasser.</p>

	Vitamin E (1.4 mg/Tablette), Vitamin B1 (0.12 mg/Tablette) Enthält eine Phenylalaninquelle und Natrium	
Magnesium und Vitamin C Qualité & Prix Zitronen Aroma hergestellt in Deutschland für Coop, Basel, Schweiz 20 Brausetabletten 90g	Säuerungsmittel (Citronensäure), Magnesiumcarbonat (300 mg Ca/Tablette), Natriumhydrogencarbonat (0.20 g Na/Tablette), Maltodextrin, Vitamin C (80 mg/Tablette), Maisstärke, Aroma, Süssungsmittel (Cyclamat, Saccharin), Farbstoff (Riboflavin)	1 Tablette/Tag in einem Glas Wasser auflösen

10 Danksagung

Für die Überlassung des Themas möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. med. dent. Thomas Attin herzlich bedanken.

Mein besonderer Dank gebührt weiter Herrn Dr. med. dent. Florian Wegehaupt, der mir jeder Zeit bei der Planung, Durchführung und Auswertung dieser Arbeit wertvolle Unterstützung gewährte. Dank seiner jeweils schnellen Rückmeldungen war es mir möglich, kontinuierlich weiterzuarbeiten.

Weiter möchte ich mich herzlich bei Frau Beatrice Sener und ihrem Team sowie bei Herrn Klaus Becker, Herrn Stefan Kappeler und Herrn Willi Bucher für die geduldige und tatkräftige Unterstützung bedanken.

Schliesslich möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mich unterstützten und für die erforderliche Abwechslung sorgten.